

PENERAPAN PEWARNAAN GRAF PADA PENYUSUNAN PETA ZONASI SMA NEGERI DI KABUPATEN KARANGANYAR BERDASARKAN DATA PPDB TAHUN PELAJARAN 2022/2023 MENGUNAKAN ALGORITMA *WELCH-POWELL*

Muhammad Rizky Ardi Nugraha¹, Henny Ekana Chrisnawati²
Universitas Sebelas Maret^{1,2}

Email: rizky20ardi@student.uns.ac.id¹, hennyekana@staff.uns.ac.id²

Corresponding Author : Muhammad Rizky Ardi Nugraha email:
rizky20ardi@student.uns.ac.id

Abstrak. Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) jalur zonasi merupakan salah satu strategi penting dalam pemerataan pendidikan di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) di Indonesia. Kebijakan zonasi sekolah diyakini oleh pemerintah pusat dapat mewujudkan tantangan pemerataan kualitas pendidikan antar sekolah dan berkeadilan. Kabupaten Karanganyar menerapkan sistem ini untuk memastikan distribusi siswa berdasarkan kedekatan geografis antara tempat tinggal siswa dan sekolah. Namun, tantangan utama dalam pelaksanaan sistem zonasi adalah menentukan zona penerimaan yang optimal atau kekurangan kuota di sekolah-sekolah yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan menyelesaikan masalah zonasi pada peta PPDB SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar menggunakan teori graf, khususnya pewarnaan graf. Algoritma *Welch-Powell* digunakan sebagai metode utama dalam pewarnaan graf ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma *Welch-Powell* mampu memetakan zonasi dalam peta dengan jumlah pewarnaan minimum, sehingga dapat menjadi pertimbangan pemerintah daerah Kabupaten Karanganyar untuk meningkatkan pemerataan akses pendidikan di Kabupaten Karanganyar, terutama sebagai pertimbangan pembangunan Unit Sekolah Baru (USB) di wilayah-wilayah yang belum terdapat SMA Negeri.

Kata Kunci: Zonasi, Pewarnaan Graf, Pewarnaan Peta, dan Algoritma Welch Powell.

Abstract. Admission of New Student (PPDB) through zoning is one of the important strategies in equalizing education at the senior high school (SMA) level in Indonesia. The school zoning policy is believed by the central government to realize the challenge of equalizing the quality of education between schools and being equitable. Karanganyar district implements this system to ensure the distribution of students based on the geographical proximity between where students live and the school. However, the main challenge in implementing the zoning system is determining the optimal admission zone or quota shortage in existing schools. This research aims to model and solve the zoning problem on the PPDB map of public high schools in Karanganyar Regency using graph theory, specifically graph coloring. The *Welch-Powell* algorithm is used as the main method in coloring this graph. The results showed that the application of the *Welch-Powell* algorithm was able to map zoning with the minimum color, so that it could be a consideration for the Karanganyar Regency local government to improve equitable access to education in Karanganyar Regency, especially as a consideration for the construction of New School Units (USB) in areas where there are no public high schools.

Keywords: Zoning, Graph Coloring, Map Coloring, and Welch Powell Algorithm.

A. Pendahuluan

Pendidikan pada hakekatnya merupakan langkah perubahan. Untuk menuju langkah perubahan itu, pendidikan harus mampu memberikan sumbangan optimal bagi transformasi sehingga membentuk masyarakat madani. Pendidikan sendiri diharapkan mampu menunjang keberlangsungan dan proses kemajuan hidup sistem masyarakat.



Sekolah unggulan telah diyakini menjadi harapan bagi para orang tua sebagai tempat anaknya bersekolah. Hal tersebut secara tidak langsung menegaskan bahwa pemerintah harus mengakui keberadaan sekolah yang belum merata, baik dari segi fasilitas maupun kualitas gurunya. Dalam era modern, sistem pendidikan menjadi salah satu aspek penting dalam pembangunan masyarakat. Salah satu komponen utama dalam sistem pendidikan adalah proses Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB). Di Indonesia, terutama di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), PPDB memiliki berbagai jalur penerimaan, salah satunya adalah jalur zonasi. Jalur ini bertujuan untuk memastikan pemerataan pendidikan dengan mendekatkan sekolah kepada tempat tinggal siswa, sehingga mereka dapat belajar dengan lebih efisien dan mengurangi kesenjangan pendidikan antar wilayah.

Kabupaten Karanganyar, sebagai salah satu wilayah di Indonesia, juga menerapkan sistem PPDB dengan jalur zonasi untuk SMA Negeri. Namun, pelaksanaan sistem zonasi seringkali menghadapi tantangan dalam hal pengelolaan dan optimasi zonasi. Salah satu masalah utama yang muncul adalah bagaimana menentukan zona penerimaan yang optimal, sehingga setiap sekolah dapat menerima siswa dengan adil tanpa terjadi tumpang tindih atau kekurangan kuota di satu sekolah sementara sekolah lain masih memiliki kapasitas yang cukup.

Teori Graf, khususnya pewarnaan graf, adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk memodelkan masalah ini. Dalam konteks pewarnaan graf, setiap sekolah dapat dianggap sebagai sebuah simpul (*vertex*) dalam graf, dan hubungan antar sekolah (misalnya, kedekatan geografis) dapat dianggap sebagai sisi (*edge*) yang menghubungkan *vertex-vertex* tersebut. Pewarnaan graf kemudian digunakan untuk memastikan bahwa setiap simpul (sekolah) diberi warna yang berbeda, sehingga tidak ada dua simpul yang berdekatan memiliki warna yang sama.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *Welch-Powell* dalam pewarnaan graf untuk memodelkan dan menyelesaikan masalah zonasi pada peta PPDB SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam pengelolaan zonasi PPDB, sehingga tujuan pemerataan pendidikan dapat tercapai dengan lebih baik. Oleh karena itu, Peneliti akan menggali permasalahan mengenai langkah-langkah penerapan Algoritma untuk menyelesaikan masalah pewarnaan pada graf dalam menyusun peta zonasi PPDB SMA di Kabupaten Karanganyar secara runtut.

B. Metodologi Penelitian

Coloring graph atau pewarnaan graf merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika yang merupakan sebuah teori graf. Pada teori graf diberikan sebuah model matematika pada setiap himpunan dari sebuah objek diskrit. Pewarnaan graf terdiri dari pewarnaan *vertex* dan pewarnaan *edge*. Proses pewarnaan peta ini akan dilakukan menggunakan metode pewarnaan *vertex*. Pewarnaan *vertex* adalah memberikan warna pada semua *vertex* yang ada di graf G , sedemikian hingga tidak ada warna yang sama pada *vertex* yang bertetangga (*adjacent*). Salah satu algoritma yang digunakan dalam pewarnaan adalah Algoritma *Welch-Powell*. Algoritma ini adalah salah satu algoritma yang digunakan dalam pewarnaan *vertex* graf untuk mengetahui jumlah warna minimum dalam pewarnaan graf (Monim et al., 2022). Pewarnaan pada peta Kabupaten Karanganyar bertujuan untuk mengetahui persebaran peta zonasi dalam tiap wilayah kecamatan sehingga dapat menggambarkan keberlangsungan sistem zonasi pada PPDB SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar. Adapun untuk melakukan pewarnaan graf dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data atau informasi berupa peta Kabupaten Karanganyar.
2. Mengumpulkan data atau informasi mengenai PPDB SMA Negeri jalur zonasi di Kabupaten Karanganyar.



3. Merepresentasikan peta Kabupaten Karanganyar kedalam bentuk graf dengan kecamatan-kecamatan di Kabupaten Karanganyar berupa *vertex* dan wilayah yang berdekatan dihubungkan oleh sebuah sisi.
4. Menggunakan Algoritma *Welch-Powell* dalam melakukan pewarnaan.

Berikut ini adalah gambaran peta dari wilayah Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1 Peta Kabupaten Karanganyar

Dari gambaran peta dari wilayah Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah di atas, dapat disusun informasi data tiap kecamatan di Kabupaten Karanganyar berdasarkan informasi yang dimiliki dari data DISKOMINFO Kabupaten Karanganyar tahun 2019 dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 1 Data Luas Wilayah Kecamatan di Kabupaten Karanganyar

No.	Nama Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Persentase luas wilayah
1.	Colomadu	15.6417	2.02
2.	Gondangrejo	56.7995	7.34
3.	Jaten	25.5481	3.30
4.	Jatipuro	40.3650	5.22
5.	Jatiyoso	67.1649	8.68
6.	Jenawi	56.0828	7.25
7.	Jumapolo	55.6702	7.19
8.	Jumantono	53.5544	6.92
9.	Karanganyar	43.0264	5.56
10.	Karangpandan	34.1108	4.41
11.	Kebakkramat	36.4563	4.71
12.	Kerjo	46.8227	6.05
13.	Matesih	26.2663	3.39
14.	Ngargoyoso	65.3394	8.44
15.	Mojogedang	53.3099	6.89
16.	Tasikmadu	27.5973	3.57
17.	Tawangmangu	70.0316	9.05

Dari 17 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Karanganyar, terdapat 10 SMA Negeri yang tercatat pada situs SIAP PPDB tahun pelajaran 2022/2023. Berikut ini data sepuluh SMA Negeri yang ada di Kabupaten Karanganyar, antara lain:



Tabel 2 Daftar SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar

No.	Nama Sekolah	Nama Kecamatan	Jarak Terjauh Diterima (m)	Area Cakupan (km ²)
1.	SMAN 1 Karanganyar	Karanganyar	1,265	5,0276
2.	SMAN 2 Karanganyar	Karanganyar	2,049	13,1897
3.	SMAN Colomadu	Colomadu	3,069	29,5899
4.	SMAN Gondangrejo	Gondangrejo	3,569	40,0169
5.	SMAN Jumapolo	Jumapolo	4,687	69,01441
6.	SMAN Karangpandan	Karangpandan	3,056	29,3398
7.	SMAN Kebakkramat	Kebakkramat	1,368	5,87925
8.	SMAN Kerjo	Kerjo	3,530	39,1471
9.	SMAN Mojogedang	Mojogedang	2,773	24,1574
10.	SMAN Tawangmangu	Tawangmangu	1,511	7,1726

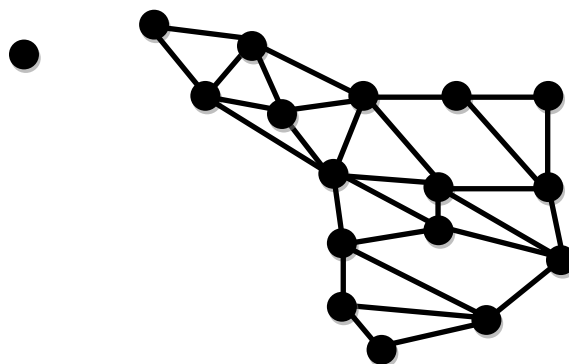
Dari data tabel 1 dan 2 di atas, dapat dilihat bahwa perbandingan area zonasi dari suatu sekolah ialah terletak di dalam kecamatan di mana sekolah tersebut berada. Oleh karena itu, pada penelitian ini setiap kecamatan akan dilihat sebagai satu wilayah zonasi. Setelah memiliki data peta dan wilayah kecamatan serta zonasi yang ada, maka langkah untuk memulai pewarnaan adalah dengan mempresentasikan bentuk graf.

Dengan memperoleh data di atas, maka dapat dilakukan penyusunan bentuk graf lalu melakukan pewarnaan *vertex* menggunakan Algoritma *Welch-Powell* dengan rincian sebagai berikut:

1. Urutkan *vertex* G dalam derajat menurun (urutan seperti itu mungkin tidak unik karena beberapa *vertex* mungkin memiliki derajat yang sama).
2. Gunakan satu warna untuk mewarnai *vertex* pertama (yang memiliki derajat tertinggi) dan *vertex* lain (secara berurutan) yang tidak bertetangga dengan *vertex* pertama ini.
3. Mulai lagi dengan *vertex* berderajat tertinggi berikutnya dalam daftar terurut yang belum diwarnai dan ulangi pewarnaan *vertex* dengan menggunakan warna kedua.
4. Ulangi penambahan warna sampai semua *vertex* diwarnai

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Untuk memulai pewarnaan lakukan dengan mempresentasikan bentuk graf terlebih. Masing-masing kecamatan yang berada di Kabupaten Karanganyar diposisikan sebagai *vertex* graf, sementara hubungan ketetanggaan tiap kecamatan menjadi penghubung atau sisi-sisi graf. Graf yang dimiliki dapat diinterpretasikan jumlah derajatnya, yakni berdasarkan ketetanggaan dari suatu *vertex* dengan *vertex* yang terhubung langsung melalui sisi terhubung. Berikut ini ditunjukkan sebuah graf hasil dari mempresentasikan peta Kabupaten Karanganyar kedalam bentuk graf.



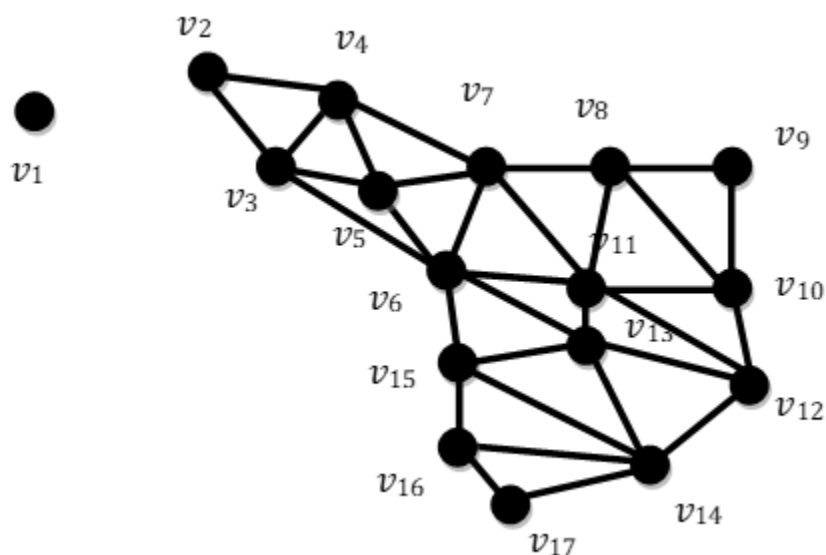
Gambar 2 Representasi Tiap Kecamatan dalam Bentuk Graf

Setelah diketahui bentuk graf dari peta Kabupaten Karanganyar, berikut ini disusun tabel yang menyatakan penamaan dari tiap *vertex* dan derajat yang dimiliki masing-masing.

Tabel 3 Label setiap kecamatan dan jumlah derajat

No.	Nama Kecamatan	Vertex	Vertex bertetangga	Derajat
1.	Colomadu	v_1	-	0
2.	Gondangrejo	v_2	v_3, v_4	2
3.	Jaten	v_3	v_2, v_4, v_5, v_6	4
4.	Kebakkramat	v_4	v_2, v_3, v_5, v_7	4
5.	Tasikmadu	v_5	v_3, v_4, v_6, v_7	4
6.	Karanganyar	v_6	$v_3, v_5, v_7, v_{11}, v_{13}, v_{15}$	6
7.	Mojogedang	v_7	$v_4, v_5, v_6, v_8, v_{11}$	5
8.	Kerjo	v_8	v_7, v_9, v_{10}, v_{11}	4
9.	Jenawi	v_9	v_8, v_{10}	2
10.	Ngargoyoso	v_{10}	v_8, v_9, v_{11}, v_{12}	4
11.	Karangpandan	v_{11}	$v_6, v_7, v_8, v_{10}, v_{12}, v_{13}$	6
12.	Tawangmangu	v_{12}	$v_{10}, v_{11}, v_{13}, v_{14}$	4
13.	Matesih	v_{13}	$v_6, v_{11}, v_{12}, v_{14}, v_{15}$	5
14.	Jatiyoso	v_{14}	$v_{12}, v_{13}, v_{15}, v_{16}, v_{17}$	5
15.	Jumantono	v_{15}	$v_6, v_{13}, v_{14}, v_{16}$	4
16.	Jumapolo	v_{16}	v_{14}, v_{15}, v_{17}	3
17.	Jatipuro	v_{17}	v_{14}, v_{16}	2

Dari tabel di atas dan representasi bentuk graf yang telah disusun, dapat dilihat penamaan dari *vertex* yang merepresentasikan setiap kecamatan sebagai berikut.



Gambar 3 Representasi Penamaan Tiap *Vertex*

Setelah mendapatkan graf beserta kelengkapannya, maka selanjutnya dapat dilakukan iterasi sesuai algoritma *Welch-Powell*. Urutkan *vertex* dalam derajat tertinggi untuk melakukan pewarnaan. Berikut ini tabel berisi data *vertex* yang telah diurutkan berdasarkan derajat tertinggi ke derajat terendah.

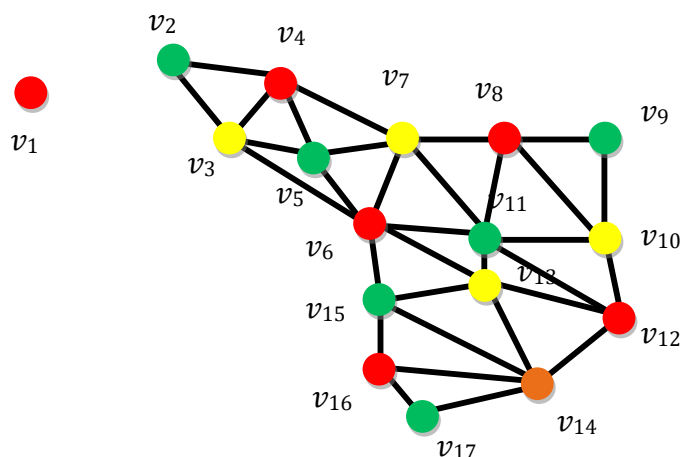
Tabel 4 Label setiap kecamatan dan jumlah derajat dari urutan derajat tertinggi

No.	Nama Kecamatan	Vertex	Vertex bertetangga	Derajat
1.	Karanganyar	v_6	$v_3, v_5, v_7, v_{11}, v_{13}, v_{15}$	6
2.	Karangpandan	v_{11}	$v_6, v_7, v_8, v_{10}, v_{12}, v_{13}$	6
3.	Matesih	v_{13}	$v_6, v_{11}, v_{12}, v_{14}, v_{15}$	5
4.	Jatiyoso	v_{14}	$v_{12}, v_{13}, v_{15}, v_{16}, v_{17}$	5
5.	Mojogedang	v_7	$v_4, v_5, v_6, v_8, v_{11}$	5

6.	Kebakkramat	v_4	v_2, v_3, v_5, v_7	4
7.	Tasikmadu	v_5	v_3, v_4, v_6, v_7	4
8.	Jumantono	v_{15}	$v_6, v_{13}, v_{14}, v_{16}$	4
9.	Tawangmangu	v_{12}	$v_{10}, v_{11}, v_{13}, v_{14}$	4
10.	Kerjo	v_8	v_7, v_9, v_{10}, v_{11}	4
11.	Jaten	v_3	v_2, v_4, v_5, v_6	4
12.	Ngargoyoso	v_{10}	v_8, v_9, v_{11}, v_{12}	4
13.	Jumapolo	v_{16}	v_{14}, v_{15}, v_{17}	3
14.	Jenawi	v_9	v_8, v_{10}	2
15.	Jatipuro	v_{17}	v_{14}, v_{16}	2
16.	Gondangrejo	v_2	v_3, v_4	2
17.	Colomadu	v_1	-	0

Dari tabel, diketahui v_1 adalah graf tidak terhubung karena berderajat 0, sedangkan v_6 dan v_{11} adalah *vertex* berderajat terbesar (berderajat 6). Maka, langkah pewarnaan pertama ialah pilih sembarang warna yang akan dijadikan warna pertama. Pilih warna merah sebagai warna pertama dan letakkan pewarnaan pada *vertex* yang memiliki derajat terbesar pada graf. Karena dua *vertex* berderajat terbesar saling bertetangga maka pilih salah satu *vertex* yaitu v_6 sebagai *vertex* berderajat terbesar pertama. Selanjutnya, berikan warna yang sama pada semua *vertex* yang tidak bertetangga/terhubung (*adjacent*) secara langsung dengan *vertex* yang berderajat terbesar v_6 . Karena v_1 tidak bertetangga/terhubung maka bisa diwarnai sama dengan warna pertama. Jika masih ditemukan banyak warna sama pada *vertex* yang bertetangga, maka pilih *vertex* yang memiliki derajat terbesar diantara *vertex* bertetangga bewarna merah. *Vertex* yang tidak terpilih dikembalikan ke warna semula.

Setelah iterasi pewarnaan warna pertama selesai, maka lanjut ke iterasi pewarnaan yang kedua. Pilih warna hijau sebagai warna kedua dan letakkan pewarnaan pada *vertex* yang memiliki derajat terbesar pada graf yang belum diwarnai, yaitu *vertex* v_{11} sebagai *vertex* berderajat terbesar pertama. Kemudian ulangi iterasi pewarnaan hingga didapatkan keseluruhan *vertex* mendapatkan pewarnaan.



Gambar 4 Hasil Iterasi pewarnaan ketiga pada graf

Pada iterasi ini sudah tidak ditemukan lagi warna sama pada *vertex* yang bertetangga dan semua *vertex* secara keseluruhan telah mendapat pewarnaan sehingga pewarnaan telah selesai untuk graf Peta Kabupaten Karanganyar, di mana warna yang dibutuhkan 4 warna (merah, hijau, kuning dan coklat).

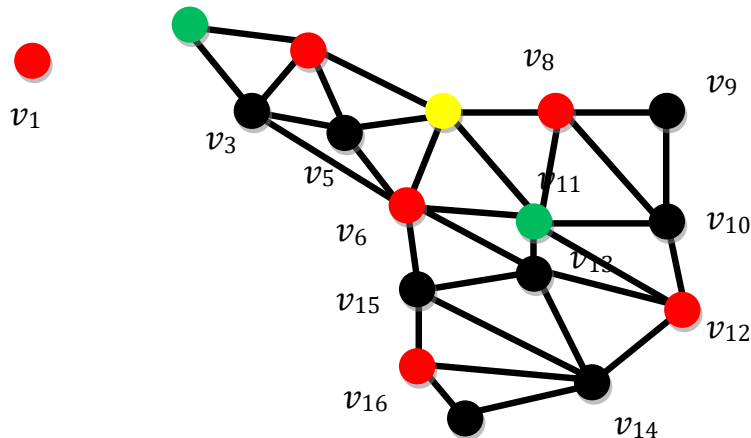
Setelah menyelesaikan pewarnaan graf peta Kabupaten Karanganyar, maka selanjutnya dapat disusun pewarnaan graf secara zonasi untuk SMA Negeri yang ada di Kabupaten

Karanganyar. Pada tabel 2, diketahui terdapat 10 SMA Negeri yang tersebar di 9 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Berdasarkan data ini, diketahui bahwa 8 kecamatan belum memiliki SMA Negeri yang berdiri di wilayahnya. Oleh karena itu, pewarnaan pada wilayah tersebut akan diubah dan disesuaikan sehingga dapat terlihat perbedaan dengan kecamatan yang memiliki SMA Negeri di wilayahnya. Kecamatan yang tidak memiliki SMA Negeri di wilayahnya antara lain:

Tabel 5 Daftar Kecamatan yang tidak terdapat SMA Negeri di wilayahnya

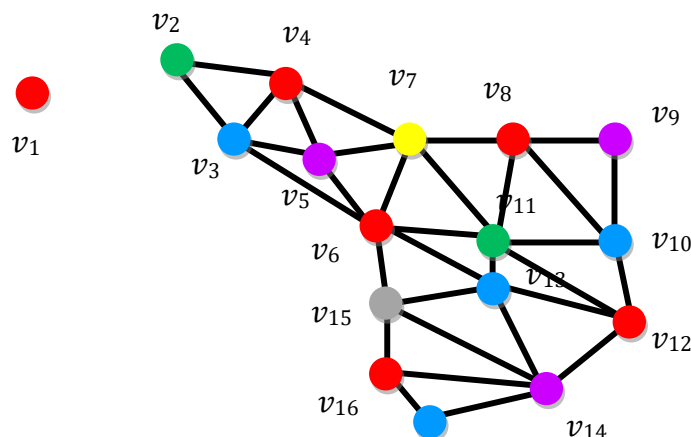
No.	Nama Kecamatan
1.	Jaten
2.	Jatipuro
3.	Jatiyoso
4.	Jenawi
5.	Jumapolo
6.	Matesih
7.	Ngargoyoso
8.	Tasikmadu

Sebelum memulai iterasi pewarnaan, *vertex* yang tidak memiliki SMA Negeri di wilayahnya dikembalikan ke warna semula.



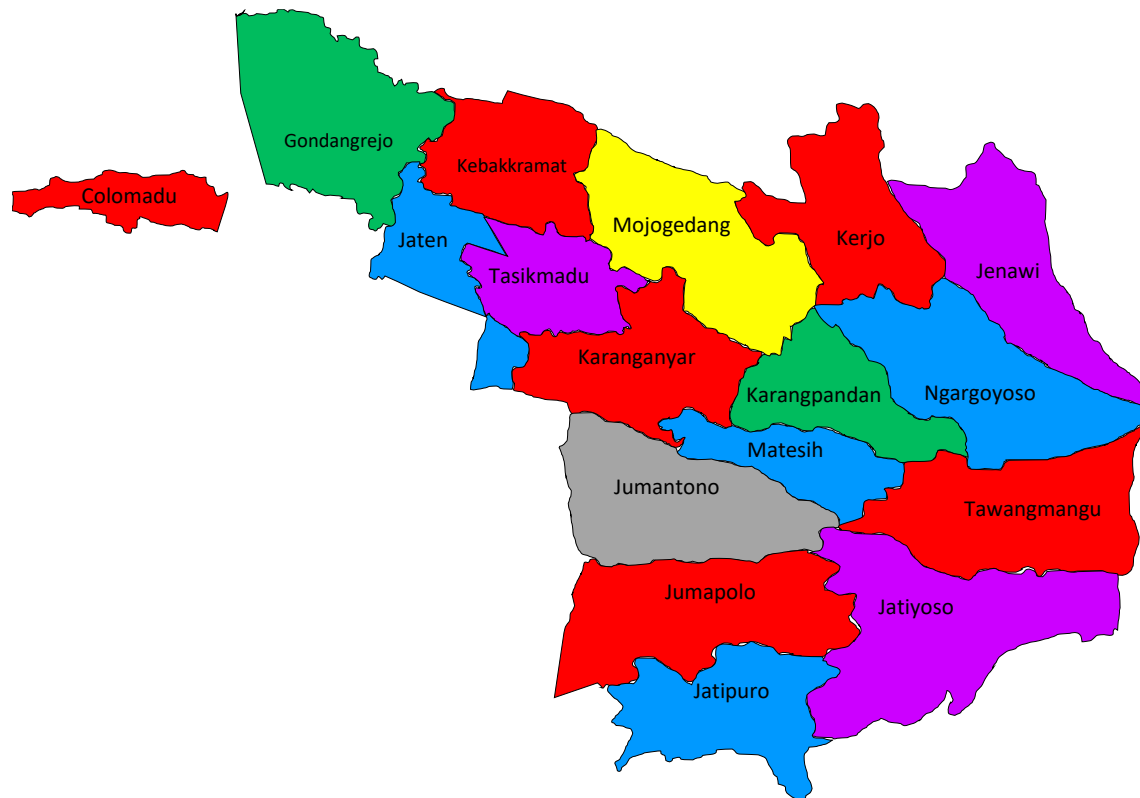
Gambar 5 Pengembalian warna ke semula pada vertex yang tidak memiliki SMA Negeri di wilayahnya

Lakukan kembali iterasi algoritma *Welch-Powell* untuk memberikan warna pada wilayah tersebut. Pilih warna berbeda dari ketiga warna awal sebagai warna selanjutnya dan letakkan pewarnaan pada *vertex* yang memiliki derajat terbesar pada graf yang tidak memiliki SMA Negeri.



Gambar 6 Hasil Iterasi pewarnaan kelima pada graf

Pada iterasi ini sudah tidak ditemukan lagi warna sama pada *vertex* yang bertetangga dan semua *vertex* secara keseluruhan telah mendapat pewarnaan sehingga pewarnaan telah selesai untuk graf Peta PPDB SMA Negeri jalur zonasi di Kabupaten Karanganyar, di mana warna yang dibutuhkan 6 warna yakni 3 warna untuk wilayah yang memiliki sekolah (merah, hijau, dan kuning) dan 3 warna untuk wilayah kecamatan yang belum terdapat SMA Negeri. Oleh karena itu, pewarnaan graf untuk graf Peta Jalur Zonasi Pada PPDB SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar menggunakan algoritma *Welch-Powell* menghasilkan minimum warna peta sebagai berikut.



Gambar 7 Peta Kabupaten Karanganyar hasil pewarnaan graf berdasarkan zonasi PPDB SMA Negeri

D. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teori graf dapat diterapkan dalam pewarnaan peta wilayah yang telah dipetakan batas-batasnya. Dengan menggunakan data Kabupaten Karanganyar dan hasil PPDB pada jenjang SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar, pewarnaan peta dilakukan untuk memetakan zonasi dalam pelaksanaan PPDB SMA Negeri. Hasilnya menunjukkan bahwa 17 *vertex* pada peta tersebut dapat diwarnai menggunakan 6 warna dengan Algoritma *Welch-Powell*. Peta hasil pewarnaan ini memudahkan pemetaan zonasi dalam pelaksanaan PPDB SMA Negeri, sekaligus mengidentifikasi wilayah yang belum memiliki SMA Negeri di Kabupaten Karanganyar. Wilayah-wilayah ini, seperti kecamatan bertetangga dengan warna biru, ungu, dan abu-abu, menunjukkan perlunya menegaskan kebutuhan akan intervensi pendidikan di wilayah tersebut, yakni dengan dilakukan pembangunan Unit Sekolah Baru (USB) demi mendukung pemerataan akses pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., & Hidayatullah, T. (2018). PENERAPAN COLORING GRAPH PADA SISTEM PENGINGAT DAN PENJADWALAN IMUNISASI DASAR LENGKAP (Vol. 3, Issue 2).
- Dinas Kominfo Kabupaten Karanganyar. (2019). profil-kabupaten-karanganyar-19_compressed. (n.d.).
- Elwijaya, F., Mairina, V., & Gistituati, N. (2021). Konsep dasar kebijakan pendidikan. JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia), 6(1), 67. <https://doi.org/10.29210/3003817000>
- Farisi, O. I. R., Maysyaroh, S., & Dewi, E. F. (2021). Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid. Jurnal Matematika, 11(1), 10. <https://doi.org/10.24843/jmat.2021.v11.i01.p132>
- Farisi, O. I. R., Maysyaroh, S., & Dewi, E. F. (2021b). Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid. Jurnal Matematika, 11(1), 10. <https://doi.org/10.24843/jmat.2021.v11.i01.p132>
- Hasanah, Laili Gadis. (2022). Konsep Pewarnaan Graf Dalam Penyusunan Jadwal Kegiatan Belajar Mengajar Di SMKN. Griya Journal of Mathematics Education and Application. Journal of Mathematics Education and Application, 2(2), 504. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/indexGriya>
- <https://arsip.siap-ppdb.com/2022/jateng/#/0300/hasil/seleksi>
- Maulani, A., & Wulandari, D. (2023). Implementasi Pewarnaan Graf Pada Pengelompokan Siswa/i Rumah Belajar Azalea Dengan Algoritma *Welch-Powell*. In Jurnal Siger Matematika (Vol. 04, Issue 02).
- Monim, H. O., Widjajanti, T. W. T., & Sesa, J. (2022). Aplikasi Pewarnaan Graf dalam Penentuan Distrik yang Strategis di Kabupaten Manokwari dengan Algoritma Welch Powell. In Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA (pp. 126-141). <https://prosiding.fmipa.unipa.ac.id/index.php/SNMIPAUNIPA/article/view/18/16>.
- Putri, Selvi Ayunda. (2022). IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PENERIMAAN PESERTA DIDIK BARU (PPDB) ZONASI DI SMA NEGERI 3 YOGYAKARTA THE IMPLEMENTATION OF THE ZONING SYSTEM FOR STUDENT ENROLMENT POLICY AT SMA NEGERI 3 YOGYAKARTA. In Jurnal Spektrum Analisis Kebijakan Pendidikan (Vol. 11, Issue 4).
- Qomaruddin, M., Bismi, W., & Hariyanto, D. (2022). Pewarnaan Graf Pada Peta Provinsi Jawa Barat Menggunakan Algoritma *Welch-Powell*. Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN), 10(2), 258. <https://doi.org/10.26418/justin.v10i2.53829>
- Sidik, F. (2024). Pelaksanaan kebijakan zonasi sekolah dan dampaknya terhadap kualitas sekolah pada jenjang sekolah menengah pertama: Studi kasus di Kabupaten Sleman Yogyakarta. HUMANIKA, 24(1), 47–56. <https://doi.org/10.21831/hum.v24i1.68551>



Suryadi, D., & Nanang Priatna, Me. (n.d.). Modul 2 Representasi Graph dan Beberapa Graph Khusus.

Syakarofath, N. A., Sulaiman , A., & Irsyad, M. F. (2020). KAJIAN PRO KONTRA PENERAPAN SISTEM ZONASI PENDIDIKAN DI INDONESIA. Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan, 5(2), 115-130. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v5i2.1736>

Syam, R., Ihsan, H., Asman, D., Matematika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2019). Aplikasi Pewarnaan Graf dengan Algoritma Recursive Largest First pada Penjadwalan Mata Kuliah. In Journal of Mathematics (Vol. 2, Issue 1). <http://www.ojs.unm.ac.id/jmathcos>

