

APLIKASI PEWARNAAN GRAF DENGAN METODE *WELCH POWELL* PADA PEMBUATAN JADWAL UJIAN PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI FARMASI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KUDUS

Ade Ima Afifa Himayati^{a,*}, Khoiroh Alfiana^b, Muhammad Adib Jauhari Dwi Putra^c,
Risqi Utami^d

adeimaafifa@umkudus.ac.id^a, khoirohalfiana@umkudus.ac.id^b, adibjauhari@umkudus.ac.id^c,
12019130002@std.umkudus.ac.id^d

^{a,b,c,d} Fakultas Sains, Teknologi, dan Matematika, Universitas Muhammadiyah Kudus
Jl. Ganesha Raya No.I, Purwosari, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59316, Indonesia

Abstrak

Universitas Muhammadiyah Kudus merupakan perguruan tinggi muhammadiyah di wilayah karesidenan Pati. Pada program studi Farmasi, pelaksanaan ujian skripsi, mahasiswa farmasi pada setiap ujian didampingi oleh dua pembimbing dan satu penguji. Seorang dosen dapat menjadi pembimbing dan penguji pada mahasiswa lebih dari satu, sehingga dalam penusunan jadwal ujian menjadi hal yang harus diperhatikan adalah ketersediaan waktu dosen agar tidak bertubrukan. Penjadwalan manual sangat memungkinkan ditemukan jadwal yang bertubrukan, sehingga pelaksanaan ujian akhir tidak efektif. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan teknik penjadwalan melalui pewarnaan graph dengan metode Welch Powell dengan mensubstitusi mahasiswa dalam titik titik dan dosen sebagai edge. Hasil dari pewarnaan graph dengan metode *Welch Powell* ini menghasilkan jadwal ujian proposal skripsi pada program studi farmasi yang tidak saling bertubrukan sehingga ujian akhir mahasiswa dapat efektif.

Kata Kunci: Pewarnaan Graph, Welch Powell, Penjadwalan

Abstract

Universitas Muhammadiyah Kudus college in Pati residency. In the Pharmacy study program, the implementation of the thesis examination, pharmacy students on each exam are accompanied by two supervisors and one examiner. A lecturer can be a guide and examiner to more than one student, so that in preparing the exam schedule it is a matter that must be considered is the availability of lecturer time so as not to collide. Manual scheduling is very possible to find a bumpy schedule, so the implementation of the final exam is not effective. This problem can be solved by scheduling techniques through graph coloring using Welch Powell method by substituting students in points and lecturers as edges. The results of graph coloring using Welch Powell method produce a schedule of proposal final exams in a pharmacy study program that does not collide with each other so that the final exam of students can be effective

Keywords: Coloring Graph, Welch Powell, Schedulling

I. PENDAHULUAN

Penyusunan jadwal proposal skripsi merupakan salah satu permasalahan klasik yang ada di setiap awal program studi. Hal ini dikarenakan dengan terbatasnya dosen pembimbing dan banyaknya mahasiswa yang dibimbing. Hal ini mengakibatkan banyak jadwal yang bertumbukan karena setiap dosen pembimbing mempunyai beberapa mahasiswa bimbingan dan setiap mahasiswa mempunyai dosen pembimbing dan dosen penguji. Pada pelaksanaannya, seringkali terjadi tumbukan jadwal, sehingga banyak perubahan yang mengakibatkan pelaksanaan ujian proposal skripsi menjadi tidak efektif.

Penyusunan jadwal yang dilakukan secara manual, tentunya banyak mengalami kendala sehingga mengakibatkan jadwal yang masih tumpang tindih. Untuk mengatasi kendala selama penyusunan jadwal, maka dibutuhkan suatu alternatif proses penyusunan jadwal yang berguna untuk mengefektifkan waktu ujian proposal skripsi mahasiswa. Suatu metode yang dapat diterapkan dalam penyusunan jadwal adalah algoritma *welch powell* yaitu menerapkan konsep pewarnaan titik pada graf.

Pewarnaan titik pada graf dengan menggunakan algoritma *welch powell* merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menyusun jadwal (Harianto

& Eiva Fatdha, 2016). Setiap mahasiswa yang akan melakukan ujian, didampingi oleh dua orang yaitu pembimbing dan seorang penguji. Mahasiswa direpresentasikan sebagai titik titik pada graf. Mahasiswa yang memiliki dosen pembimbing yang sama atau dosen penguji yang sama akan dihubungkan oleh sisi yang bertetangga.

Ariesta Wists Bustan (Bustan & Salim, 2019) dalam penelitian mereka memberikan kesimpulan jika algoritma Pewarnaan Graph *Welch Powell* dapat digunakan untuk menentukan jadwal bimbingan Perguruan Tinggi agar tidak terjadi bentrokan jadwal untuk semua mahasiswa. Sejalan dengan hal tersebut Harianto dkk (Harianto & Eiva Fatdha, 2016) juga menggunakan teknik pewarnaan titik pada graf menggunakan algoritma *welch powell* untuk menentukan jadwal ujian skripsi. Penggunaan graf dalam menentukan jadwal juga dilakukan oleh Rahadi Adi Pujo (Rahadi, 2019) dalam pembangunan perangkat lunak pembangkit jadwal kuliah dan jadwal ujian. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk menerapkan pewarnaan titik pada graf untuk menentukan jadwal ujian proposal skripsi mahasiswa di program studi farmasi Universitas Muhammadiyah Kudus.

II. LANDASAN TEORI

Landasan teori berisi kajian keilmuan secara teoritis mengenai variabel penelitian

A. Graf

Graf G terdiri dari dua buah himpunan titik dan himpunan garis. Titik dalam graf disebut vertek yang jumlahnya terbatas dan tidak boleh kosong yang dinotasikan dengan $V(G)$. Garis dalam graf disebut *edge* yang menghubungkan antara dua titik yang berhubungan yang dinotasikan dengan $E(G)$. (Diestel, 2000) Titik pada graf dapat merupakan objek seperti kota, lampu lalu lintas, rumah, dan sebagainya. Garis atau *edge* dapat menunjukkan hubungan atau relasi antara dua titik sembarang seperti jalan raya, sambungan telepon, dan lain-lain. Notasi dalam graf adalah $G(V,E)$ artinya graf G memiliki V titik dan E garis. Graf G adalah himpunan pasangan $(V(G), E(G))$, dimana $V(G)$ adalah himpunan berhingga tidak kosong, yang elemen- elemennya disebut titik

(vertex), dan $E(G)$ adalah himpunan pasangan- pasangan tak berurut dari elemen- elemen $V(G)$ yang berbeda disebut garis (*edge*). (Diestel, 2000)

Setiap graf harus terdiri dari minimal sebuah simpul, tetapi dimungkinkan tidak mempunyai busur. Graf yang himpunan busurnya adalah himpunan kosong dinamakan graf kosong atau *null graph*. Banyaknya titik pada suatu graf disebut dengan *order*, sedangkan banyaknya garis pada suatu graf disebut dengan *size*. (Lloyd et al., 1987)

B. Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu pewarnaan sisi (*edge*), titik/simpul (*vertex*), dan wilayah (*region*). Pewarnaan graf dibagi menjadi 3 macam yaitu: (Lloyd et al., 1987)

1. Pewarnaan simpul (*vertex colouring*), merupakan pemberian warna atau label pada setiap simpul sehingga tidak ada 2 simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama.
2. Pewarnaan Sisi (*edge colouring*), merupakan pemberian warna pada setiap sisi pada graf sehingga sisi-sisi yang berhubungan tidak memiliki warna yang sama.
3. Pewarnaan wilayah (*region colouring*), merupakan pemberian warna pada setiap wilayah pada graf sehingga tidak ada wilayah yang bersebelahan yang memiliki warna yang sama.

Pada penlitian ini penulis menggunakan pewarnaan simpul graf atau pewarnaan titik. Pewarnaan titik adalah bagaimana mewarnai titik pada suatu graf sedemikian sehingga dua titik yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Tujuan utama pewarnaan titik pada graf adalah mendapatkan banyaknya warna minimum dari suatu graf yang biasa disebut bilangan khromatik. (Supiyandi, 2018) Pewarnaan simpul adalah memberi warna pada simpul-simpul di dalam graf sedemikian sehingga setiap dua simpul bertetangga mempunyai warna yang berbeda. (Wiladi et al., 2019)

Sebuah graf $G(V,E)$ dikatakan sebagai graf dengan n warna jika G dapat diwarnai dengan n warna dan tidak terdapat simpul-simpul saling bertetangga yang memiliki warna sama.

Lebih lanjut, bila n menunjukkan jumlah minimum warna yang digunakan sehingga G tetap dapat diwarnai dan tidak terdapat simpul bertetangga dengan warna yang sama, maka n dikatakan sebagai bilangan kromatik dari G yang dinotasikan dengan $\chi(G)$. (Lloyd et al., 1987)

C. Algoritma Welch Powell

Algoritma *Welch-Powell* diperlukan dalam pewarnaan simpul suatu graf berdasarkan derajat tertinggi dari semua simpulnya. Algoritma *Welch-Powell* termasuk dalam algoritma Greedy. (Diestel, 2000). Algoritma Greedy selain algoritma *Welch-Powell* adalah algoritma Kruskal's dan algoritma Prim's. Algoritma *Welch-Powell* merupakan cara yang efisien dalam pewarnaan graf. Langkah-langkah dalam algoritma *Welch-Powell* sebagai berikut : (Diestel, 2000)

1. Urutkan simpul-simpul dari graf dalam derajat yang menurun. Urutan ini mungkin tidak unik karena beberapa simpul mungkin mempunyai derajat yang sama.
2. Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang mempunyai derajat tertinggi) dan simpul-simpul lain (dalam urutan yang berurut) yang tidak bertetangga dengan simpul pertama ini.
3. Ulangi langkah 2 di atas untuk simpul dengan urutan tertinggi yang belum diwarnai.
4. Ulangi penambahan warna-warna sampai semua simpul telah diwarnai

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian studi literatur. Awalnya peneliti mengumpulkan referensi melalui artikel ilmiah dan data mahasiswa, dosen pembimbing dan penguji pada program studi farmasi tahun akademik 2019/ 2020, kemudian selanjutnya melakukan penentuan titik-titik yang merepresentasikan mahasiswa-mahasiswa bimbingan dengan melabeli berdasarkan insial nama, setelah itu dilakukan pewarnaan terhadap titik-titik tersebut menggunakan algoritma welch powell hingga akhirnya diperoleh suatu kesimpulan dalam hal ini jadwal ujian proposal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjadwalan adalah alokasi dari sumber daya manusia terhadap waktu untuk menghasilkan sebuah kumpulan pekerjaan.(Harianto & Eiva Fatdha, 2016) Penyelesaian kasus penjadwala adalah berupaya untuk mengalokasikan sejumlah aktifitas yang mengandung batasan ke dalam timeslot (matriks ruang dan waktu). Jumlah timeslot yang tersedia juga memiliki batasan, baik berupa ruang maupun waktu penggunaannya. Oleh karena itu, penjadwalan yang baik haruslah dapat menyesuaikan sejumlah keterbatasan resource atau sumber daya yang ada agar seluruh aktifitas dapat tetap terlaksana tanpa melanggar constraint-nya. Pewarnaan graf mampu mengatasi hal tersebut dengan bilangan kromatik (Supiyandi, 2018)

Berdasarkan pengertian diatas maka penjadwalan adalah suatu proses pengalokasian sumber daya yang ada untuk menghasilkan suatu jadwal yang teratur dan sesuai dengan permintaan. Pada penelitian in penjadwalan ujian skripsi dimaksudkan untuk membentuk jadwal ujian skripsi oleh mahasiswa agar tidak lagi ditemukan jadwal ujian yang tumpang tindih.

Ujian skripsi di Universitas Muhammadiyah Kudus dilaksanakan sebanyak 2 (dua) kali yaitu ujian proposal dan ujian komprehensif dalam rentang waktu tertentu. Selain mahasiswa, ujian skripsi juga melibatkan dosen penguji. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai penjadwalan ujian proposal pada mahasiswa tingkat akhir prodi Farmasi Universitas Muhammadiyah Kudus. Setiap mahasiswa akan diuji oleh 2 (dua) orang dosen yaitu 1 (satu) orang dosen pembimbing dan 1 (dua) orang dosen penguji pada ujian proposal. Setiap dosen penguji akan menguji lebih dari 1 (satu) mahasiswa, dengan demikian akan ditemukan beberapa mahasiswa diuji oleh dosen yang sama. Apabila terdapat lebih dari satu mahasiswa memiliki dosen penguji yang sama, maka pelaksanaan ujiannya mahasiswa tersebut seharusnya tidak boleh dilaksanakan pada waktu yang bersamaan.

Pewarnaan titik pada graf dengan menggunakan algoritma welch powell diterapkan pada penelitian ini dengan

merepresentasikan terlebih dahulu mahasiswa yang akan melakukan ujian sebagai titik, sedangkan sisi yang menghubungkan dua titik menyatakan jika dua titik tersebut atau dua mahasiswa memiliki satu dan/atau dua dosen

pembimbing dan penguji yang sama. Berikut daftar mahasiswa yang akan ujian proposal pada periode semester gasal tahun akademik 2019/2020

Tabel 1. Daftar Mahasiswa dengan Dosen Pembimbing dan Penguji

No	Nama	Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
1	Agus Eramas Setiawan	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Arina Zulfah P., M.Farm., Apt
2	Aldian Yasin Pratamadika	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt	Arina Zulfah P, M.Farm., Apt
3	Hifi Rizki Ratnasari	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt
4	Anang Dwi Bagus J.P.	Eko R, M.Si, M.Farm., Apt	Aji Tetuko, M.Sc., Apt
5	Chaerani Noor Savitri	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt
6	Natsa Disa Sasaki	Arina Zulfah P, M.Farm., Apt	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt
7	Puji Lestari	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt
8	Meta Ayu Masfiroh	Arina Zulfah Primananda, M.Farm., Apt	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt
9	Anggi Alhamdini	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt	Aji Tetuko, M.Sc., Apt
10	Khoriatun Naimah	Arina Zulfah Primananda, M.Farm., Apt	Aji Tetuko, M.Sc., Apt
11	Mawaddah Warohmah	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt
12	Muhammad Anwar Siddiq	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt	Arina Zulfa P, M.Farm., Apt
13	Muhammad Junaedi	Arina Zulfah Primananda, M.Farm., Apt	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt
14	Sa'diah Ayu Wihardini	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt
15	Dhian Rahma Maulida	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Arina Zulfah P, M.Farm., Apt
16	Kurniawati Nor	Zaenal Fanani, M.Sc., Apt	Aji Tetuko, M.Sc., Apt
17	Ranti Hastuti	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt	Aji Tetuko, M.Sc., Apt
18	Atika Rizki	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt	Arina Zulfah P, M.Farm., Apt
19	Muzamil	Aji Tetuko, M.Sc., Apt	Eko Retnowati, M.Si, M.Farm., Apt

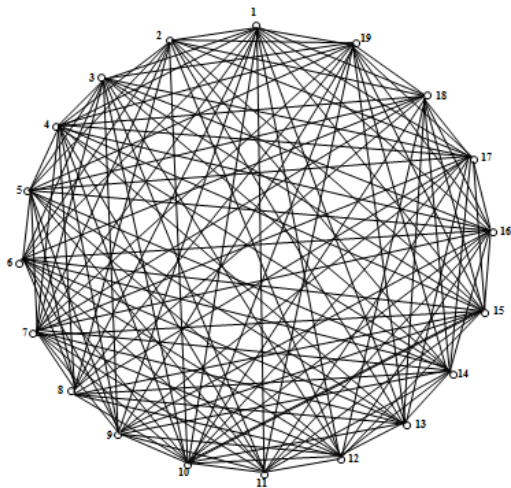
Dari tabel di atas, akan dikelompokkan masing masing mahasiwa yang mempunyai dosen pembimbing atau penguji yang sama sebagai titik yang bertetangga. Berikut adalah daftar kelompok mahasiswa yang saling bertetangga dengan menamakan titik mahasiswa sebagai nomor urut.

Tabel 2 Titik yang Saling Bertetangga

Titik	Titik- titik yang bertetangga	Derajat titik
1	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19	16
2	1, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19	14
3	1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11,12, 14, 15, 16, 17, 19	14
4	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	16
5	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19	15
6	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18	14
7	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	16

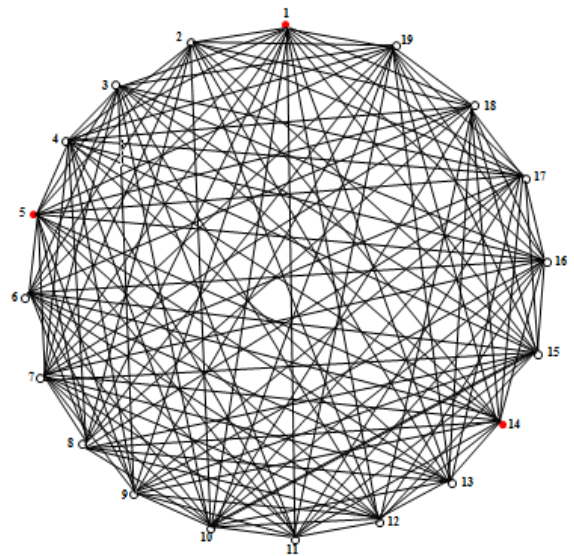
8	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19	14
9	1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19	14
10	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19	16
11	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19	14
12	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18	14
13	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19	14
14	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19	15
15	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19	16
16	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 19	14
17	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19	16
18	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19	14
19	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18	16

Mahasiswa yang direpresentasikan dengan titik dan mahasiswa yang mempunyai dosen penguji maupun pembimbing yang sama akan menjadi titik titik yang saling bertetangga sesuai dengan tabel di atas. Berdasarkan tabel di atas, didapatkan graf dengan representasi titik yang saling bertetangga sebagai berikut:



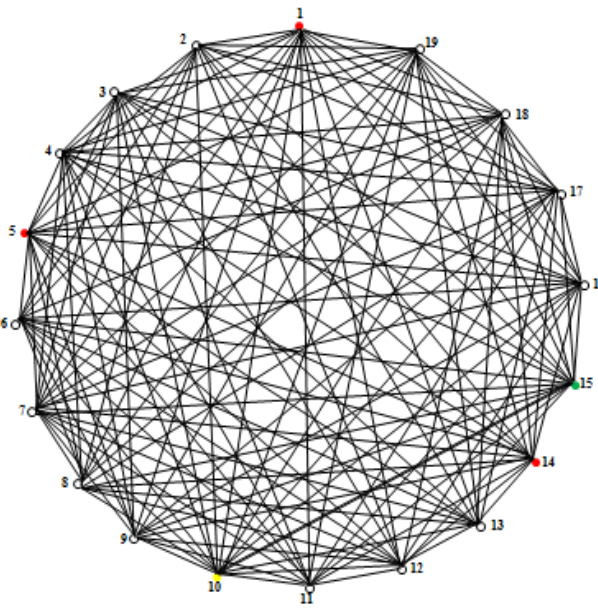
Gambar 4.1 Representasi titik (Mahasiswa) yang bertetangga

Berdasarkan langkah-langkah pada algoritma *welch powell* maka titik yang diberikan warna pertama derajat yang paling besar. Diambil titik 1 dengan derajat paling besar yaitu 16. Misalkan warna yang digunakan adalah warna merah, lalu warnai juga titik lain yang tidak bertetangga dengan titik 1 yaitu titik 5 dan 14 dengan warna merah. Didapatkan graf pewarnaan pertama adalah sebagai berikut



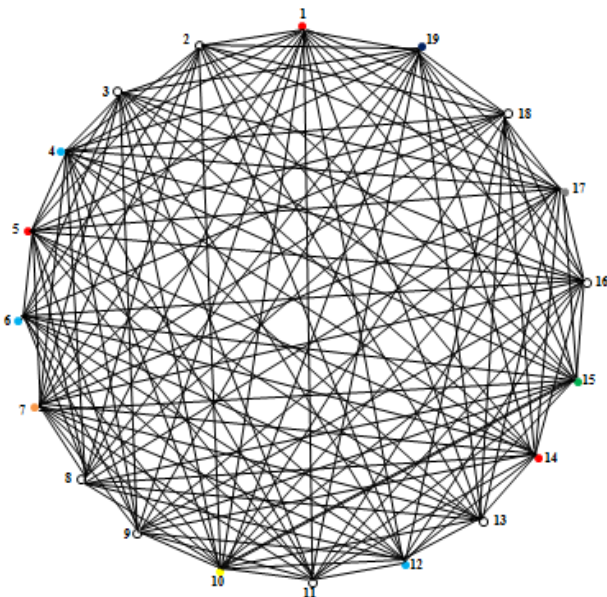
Gambar 4.2 Graf Pewarnaan Pertama

Titik selanjutnya yang akan diwarnai adalah titik yang mempunyai tetangga yang sama dengan titik 1, yaitu titik 10 dan 15 dengan dua warna yang berbeda. Titik 10 diberi warna kuning, dan titik 15 diberi warna hijau. Didapatkan graf pewarnaan kedua sebagai berikut



Gambar 4.3 Graf Pewarnaan Kedua

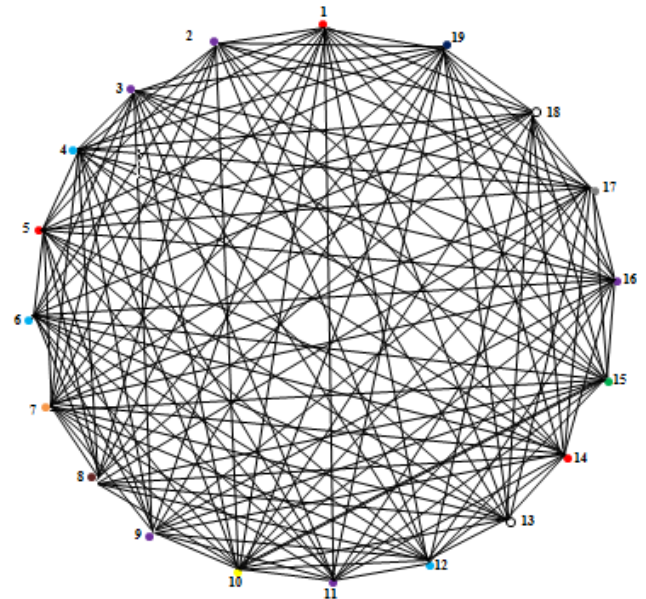
Langkah pewarnaan ketiga adalah mewarnai titik berderajat 16 dengan tetangga yang berbeda dengan titik 1, yaitu titik 4 dengan warna biru. Titik 6 dan 12 yang tidak bertetangga dengan titik 4 akan diberi warna yang sama dengan titik 4 yaitu warna biru. Diperoleh graf pewarnaan ketiga sebagai berikut



Gambar 4.4 Graf Pewarnaan Ketiga

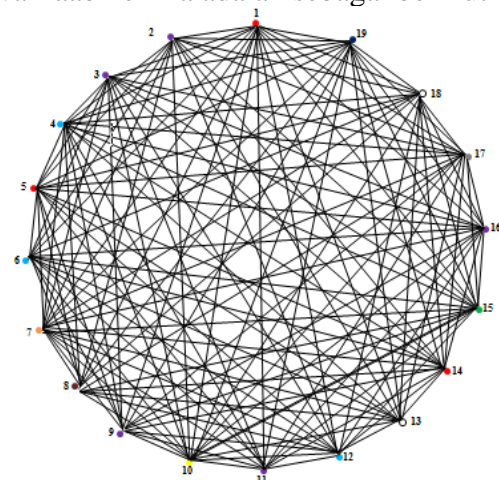
Titik selanjutnya yang akan diwarnai seperti pada langkah sebelumnya yaitu mewarnai titik yang mempunyai tetangga yang sama dengan titik 4, yaitu titik 7, 17 dan 19 dengan tiga warna yang berbeda. Titik 7 diwarnai dengan orange, titik 17 diwarnai

dengan abu-abu, dan titik 19 diwarnai dengan hitam. Didapatkan graf pewarnaan kedua sebagai berikut



Gambar 4.5 Graf Pewarnaan Keempat

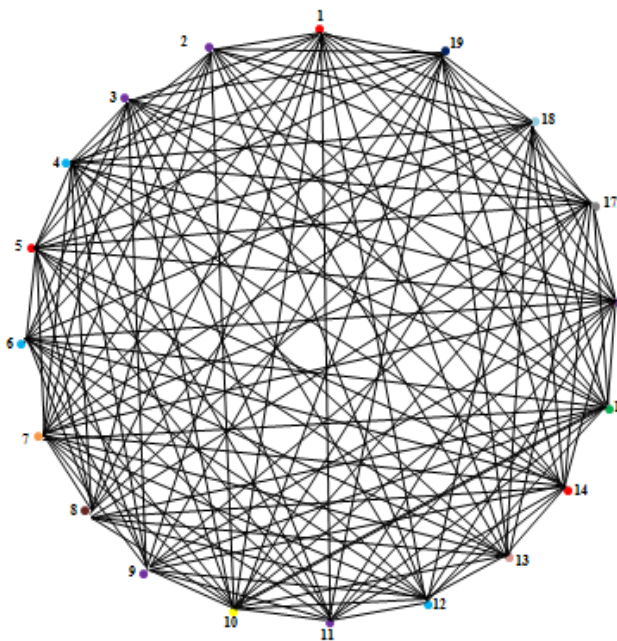
Titik yang berderajat 16 telah selesai diwarnai, selanjutnya adalah titik yang berderajat 15, yaitu titik 5 dan 14. Karena kedua titik tersebut telah diwarnai, maka pewarnaan berlanjut ke titik berderajat 14 yaitu titik 2. Titik 2 diwarnai dengan warna ungu. Selanjutnya titik yang tidak bertetangga dengan titik 2 akan diberi warna yang sama dengan titik 2, yaitu titik 3, 9, 11 dan 16 dengan warna ungu. Sehingga didapatkan graf pewarnaan kelima adalah sebagai berikut



Gambar 4.6 Graf Pewarnaan Ke Lima

Titik selanjutnya yang akan diwarnai adalah titik yang mempunyai tetangga yang sama dengan titik 2, yaitu titik 8, 13 dan 18 yang akan diwarnai dengan 3 warna yang berbeda. Titik 8 diwarnai dengan warna

merah bata, titik 13 diwarnai dengan warna merah muda dan titik 18 dengan warna biru muda. Didapatkan graf pewarnaan ke enam sebagai berikut



Gambar 4.7 Graf Pewarnaan Ke Enam

Hasil algoritma *welch powell* yang dilakukan menghasilkan sebelas warna yang berbeda. Sebelas warna yang berbeda tersebut menunjukkan akan ada sebelas jadwal yang harus dibuat agar proses ujian pada program studi farmasi universitas Muhammadiyah kudu dapat berjalan dengan baik tanpa adanya tumpang tindih jadwal

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemberian warna titik-titik pada graf menggunakan algoritma *welch powell*, maka diperoleh jumlah warna minimum yang dibutuhkan untuk mewarnai titik-titik pada graf sedemikian sehingga tidak ada titik-titik yang bertetangga memiliki warna yang sama adalah sebanyak 11 warna. Oleh karena itu dapat dibuat suatu penjadwalan ujian proposal mahasiswa dalam sebelas waktu kelompok, yaitu

Kelompok	Warna	Mahasiswa
1	Merah	Agus Eramas S Chaerani N. S Sa'diyah Ayu W
2	Kuning	Khoriatun Naimah
3	Hijau	Dhian Rahma Maulida

4	Biru	Anang Dwi Bagus J.P. Natsa Disa Saski Muhammad Anwar Siddiq
5	Orange	Puji Lestari
6	Abu abu	Ranti Hastuti
7	Hitam	Muzamil
8	Ungu	Aldian Yasin Pratamadika Hifi Rizki Ratnasari Anggi Alhamdini Mawaddah Warohmah Kurniawati Nor
9	Merah Bata	Meta Ayu Masfiroh
10	Merah Muda	Muhammad Junaedi
11	Biru Laut	Atika Rizki

DAFTAR PUSTAKA

- Bustan, A. W., & Salim, M. R. (2019). PENERAPAN PEWARNAAN GRAF MENGGUNAKAN ALGORITMA WELCH-POWELL UNTUK MENENTUKAN JADWAL BIMBINGAN MAHASISWA (Implementation of Graph Colouring Using Welch-Powell Algorithm to Determine Student Mentoring Schedule) Ariestha. *THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 4(1), 79–86.
- Diestel, R. (2000). *Graph Theory (Graduate Texts in Mathematics)*. In *Graduate Texts in Mathematics*. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5626521>
- Harianto, K., & Eiva Fatdha, T. S. (2016). Penerapan Pewarnaan Simpul Graf untuk Menentukan Jadwal Ujian Skripsi pada STMIK Amik Riau Menggunakan Algoritma Welch-powell. *SATIN - Sains Dan Teknologi Informasi*, 1(2), 48. <https://doi.org/10.33372/stn.v1i2.27>
- Lloyd, E. K., Chartrand, G., & Lesniak, L. (1987). *Graphs and Digraphs. The Mathematical Gazette*. <https://doi.org/10.2307/3616326>
- Rahadi, A. P. (2019). Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Pewarnaan Graf

- Dengan Algoritma Largest First. *Jurnal Padagogik Matematika*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.35974/jpd.v2i1.1067>
- Supiyandi, M. E. (2018). Penerapan Teknik Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Ujian Dengan. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 03(01), 58–63.
- Wiladi, M., Rizki, N. A., & Salindeho, B. M. (2019). Pengembangan Algoritma Welsh Powell Pada Penyusunan Jadwal Kuliah. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Statistika*, 75–81.