

Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika Vol. 3 No. 1 (2020)

p-ISSN: 2654-6140, e-ISSN: 2656-4181

<http://ejournal.budiutomomalang.ac.id/index.php/prismatika>

ANALISIS PENJADWALAN MATA PELAJARAN MENGGUNAKAN ALGORITMA WELCH-POWELL

Pramitha Shafika Wicaksono¹, Kartono²

Universitas Diponegoro^{1,2}

pramithawicaksono@students.undip.ac.id¹, kartono@live.undip.ac.id²

Abstrak

Setiap awal semester selalu dilakukan penjadwalan mata pelajaran yang dilakukan oleh wakil kurikulum dan staf akademik. Terdapat beberapa masalah-masalah yang harus dihindari dalam pembuatan jadwal mata pelajaran, masalah-masalah itu adalah adanya jadwal guru yang mengajar satu mata pelajaran dalam waktu yang bersamaan dijadwalkan di kelas yang berbeda, guru yang mengajar lebih dari satu mata pelajaran dijadwalkan di kelas yang sama pada waktu yang bersamaan, dan guru yang kurang jadwal ngajarnya. Pada subjek teori graf terdapat konsep pewarnaan graf salah satunya pewarnaan simpul (*vertex*). Pada pewarnaan simpul (*vertex*) terdapat suatu penerapan dari *Algoritma Welch Powell* yang menghasilkan warna pada setiap simpul. Pada penjadwalan mata pelajaran diasumsikan simpul adalah mata pelajaran dan guru, sedangkan garis (*edge*) adalah kelas. Pada pewarnaan simpul, simpul-simpul graf diberi warna sedemikian rupa sehingga tidak ada dua simpul bertetangga memiliki warna yang sama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun jadwal mata pelajaran sehingga tidak terjadinya berbagai masalah seperti bentrok antar guru, mata pelajaran, dan jam mengajar. Metode yang digunakan dalam penyusunan jadwal mata pelajaran ini menggunakan *Algoritma Welch-Powell*. Hasil yang diperoleh adalah menggunakan *Algoritma Welch-Powell* menghasilkan jadwal pelajaran tiap hari dimana jika ada dua kelas yang memiliki mata pelajaran yang samadapat dijadwalkan kedalam hari yang sama namun dijadwalkan kedalam jam yang berbeda dan didapatkan jadwal pelajaran yang tidak ada bentrok antar guru, mata pelajaran, dan jam mengajar.

Kata kunci: pewarnaan simpul, *Algoritma Welch-Powell*, graf

Abstract

At the beginning of each semester, subjects scheduling is always carried out by the curriculum representatives and academic staff. There were several problems that must be avoided in subjects scheduling, these problems were the schedule of teachers who teach one subject at the same time are scheduled in different classes, teachers who teach more than one subject are scheduled in the same class at the same time, teachers who are lack of scheduled for teaching. In the subject of graph theory, there is a concept of graph coloring, one of which is vertex coloring. In vertex coloring, there

is a *Welch-Powell Algorithm* application which produces a color for each vertex. In subject scheduling, it is assumed that the vertex is the subject and the teacher, while the edge is the class. In vertex coloring, graph vertices are colored so that there's no two neighboring vertices have the same color. The aim of this research was to arrange a lesson schedule so that problems do not occur such as clashes between teachers, subjects, and teaching hours. The method used in arranging this lesson schedule used the *Welch-Powell Algorithm*. The results obtained were using the *Welch-Powell Algorithm* to produce a lesson schedule every day where if there are two classes that have the same subject, they can meet the same day requirements but come in different hours and get a lesson schedule that has no clash between teachers, subjects, and teaching hours.

Keywords: vertex coloring, Welch-Powel Algorithm, graph

PENDAHULUAN

Penjadwalan adalah alokasi dari sumber daya terhadap waktu untuk menghasilkan sebuah kumpulan pekerjaan (Masyoyo, 2014). Lesmana (2017) menyatakan bahwa penjadwalan adalah alat ukur terhadap suatu perencanaan. Penjadwalan memberikan informasi mengenai kapan dan berapa lama suatu kegiatan dijalankan (Putra & Riadi, 2014). Penjadwalan mata pelajaran adalah proses pengorganisasian untuk mengalokasikan waktu kapan dan dimana suatu kegiatan pembelajaran akan dilaksanakan (Handayani, Rosely, & Mayadewi, 2016). Ada hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam menyusun jadwal mata pelajaran, misalnya dalam proses penjadwalan sering terdapat jadwal bentrok satu sama lain atau guru mengajar di tempat yang berbeda dengan waktu yang sama.

Penjadwalan mata pelajaran di sekolah pada umumnya masih menggunakan Microsoft Excel atau Microsoft Word sehingga menghabiskan banyak waktu dan memungkinkan terjadinya human error yang mengharuskan bagian staf akademik sekolah harus mengubah kembali jadwalnya agar tidak bentrok. Metode dalam menyusun jadwal pelajaran sangatlah dibutuhkan untuk menghasilkan jadwal pelajaran yang tidak ada bentrok antar guru, mata pelajaran, dan jam mengajar.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembentukan jadwal mata pelajaran seperti guru, waktu mata pelajaran, jumlah jam, dan hari. Masalah-masalah yang harus dihindari dalam pembuatan jadwal mata pelajaran adalah adanya jadwal guru yang mengajar satu mata pelajaran dalam waktu yang bersamaan dijadwalkan di kelas yang berbeda, guru yang

mengajar lebih dari satu mata pelajaran dijadwalkan di kelas yang sama pada waktu yang bersamaan, guru yang kurang jadwal ngajarnya.

Graf adalah subjek yang dipelajari didalam teori graf. Teori Graf mulai dikenal saat matematikawan kebangsaan Swiss bernama Leonhard Euler, yang berhasil mengungkapkan Misteri Jembatan Koningsberg tahun 1736 (Dwi Astuti, 2013). Menurut (Bender & Williamson, 2010), graf adalah pasangan terurut $G = (V, E)$ dengan V adalah himpunan Verteks dan E adalah himpunan garis. Dalam teori graf, terdapat istilah pewarnaan graf (graph coloring) yaitu adalah pemberian warna terhadap simpul atau garis sedemikian sehingga dua simpul atau garis yang berdampingan mempunyai warna yang berbeda (Syakur, 2004). Menurut (Ramlah, Hasmawati, & Lawi, 2013) terdapat tiga macam pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul (vertex colouring), pewarnaan sisi (edge colouring) dan pewarnaan wilayah (face colouring).

Pewarnaan yang digunakan pada graf penjadwalan ini adalah pewarnaan simpul. Menurut (Niarma, Pramono, & Tajidun, 2018), pewarnaan simpul pada graf adalah sebuah proses pemberian warna-warna ke simpul-simpul suatu graf sedemikian sehingga tidak ada dua buah simpul yang bertetangga memiliki warna yang sama. Menurut (Puspasari, 2015), pewarnaan simpul graf (edge coloring) pertama kali muncul sebagai masalah pewarnaan dalam peta yang setiap daerah yang saling berbatasan pada peta dibuat berlainan sehingga mudah untuk dibedakan. Salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan pewarnaan simpul graf adalah Algoritma Welch-Powell (Munir, 2014).

Algoritma Welch-Powell adalah salah satu algoritma yang dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan kasus pewarnaan graf secara mangkus (Pasnur, 2012). Kemudian dari pewarnaan tersebut dicari akanbilangan kromatiknya, yaitu banyaknya warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai simpul pada pewarnaan simpul. Bilangan kromatik (chromatic number) dari graf G , dinyatakan dengan $\chi(G)$, adalah bilangan k terkecil sehingga G dapat diwarnai dengan k warna (Mahmudah & Irawati, 2018). Algoritma ini tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai simpul pada graf, namun algoritma ini cukup praktis untuk digunakan dalam pewarnaan simpul sebuah graph (Supiyandi & Eka, 2018).

Pada penelitian sebelumnya penggunaan Algoritma Welch-Powell digunakan untuk mewarnai 1 kelas saja dengan warna yang berbeda tidak dapat dijadwalkan di hari yang sama. Namun pada artikel ini akan dibahas penggunaan *Algoritma Welch-Powell* yang menghasilkan jadwal pelajaran

tiap hari yang jika ada dua kelas yang memiliki mata pelajaran yang sama dapat dijadwalkan kedalam hari yang sama namun dijadwalkan kedalam jam yang berbeda. Dalam artikel yang berjudul "Analisis Penjadwalan mata pelajaran menggunakan *Algoritma Welch-Powell*" dibahas tentang proses penyusunan jadwal dengan menggunakan *Algoritma Welch-Powell*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berdasarkan penelitian kuantitatif yaitu menggunakan data sekunder berupa distribusi tugas guru dan mata pelajaran. Penelitian kuantitatif adalah dengan pendekatan subjek, sampel, langkah penelitian, sumber data sudah jelas (Nurdiana, 2020). Penelitian ini untuk membuat jadwal pelajaran menggunakan *Algoritma Welch-Powell* dengan menggunakan data berupa daftar guru, daftar mata pelajaran, dan distribusi guru. Data diperoleh dengan cara mendatangi sekolah yaitu SMP Negeri 75 Jakarta lalu mengajukan izin untuk pengambilan data dan wawancara dengan wakil kurikulum tentang guru yang bekerja disekolah lain sehingga mereka tidak bisa mengajar di sekolah itu pada hari yang ditentukan.

Saat data dari hasil wawancara tersebut sudah diperoleh selanjutnya data akan dianalisis dengan mendata guru-guru yang tidak dapat mengajar dihari yang ditentukan dan menganalisis total jam pelajaran tiap harinya, lalu diambil sebarang mata pelajaran yang total jam pelajaran perharinya udah ditentukan dan juga mempertimbangkan guru-guru yang dapat mengajar dihari itu, lalu memodelkan kode guru dan mata pelajaran sebagai simpul dan kelas sebagai garis, selanjutnya diimplementasikan kedalam bentuk graf, lalu graf tersebut simpulnya diwarnai dengan menggunakan Algoritma Welch-Powell, selanjutnya graf yang sudah diwarnai dengan Algoritma Welch-Powell tersebut direpresentasikan kedalam bentuk jadwal mata pelajaran.

Langkah-langkah pewarnaan simpul dengan menggunakan Algoritma Welch-Powell pada graf yaitu langkah awal yang harus dilakukan adalah mengurutkan simpul dari G dalam urutan derajat yang menurun. Urutan ini mungkin tidak unik karena beberapa simpul mungkin mempunyai derajat yang sama. Selanjutnya gunakan satu warna tertentu untuk mewarnai simpul pertama. Secara berurut, setiap simpul dalam daftar yang tidak berelasi dengan simpul sebelumnya diwarnai dengan warna ini. Ulangi langkah tersebut untuk simpul dengan urutan tertinggi yang belum diwarnai sampai semua simpul dalam daftar terwarnai hingga diperoleh hasil terakhir yaitu berupa bilangan kromatik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas mengenai cara memodelkan data yang diperoleh lalu direpresentasikan kedalam bentuk graf dan diwarnai simpulnya menggunakan *Algoritma Welch-Powell*. Saat simpulnya sudah diwarnai, selanjutnya dapat direpresentasikan kedalam bentuk jadwal pelajaran. Data dasar yang digunakan adalah distribusi jam pelajaran, daftar mata pelajaran, dan daftar kode guru dan mata pelajaran.

Tabel 3.1.1 Distribusi Jam Pelajaran

Jam ke	Senin - Kamis			Jam ke	Jumat		
	7A - 7F	8A - 8F	9A - 9G		7A - 7F	8A - 8F	9A - 9G
1	12.45 - 13.15	12.45 - 13.15	12.45 - 13.15	1	13.15 - 13.45	13.15 - 13.45	13.15 - 13.45
2	13.15 - 13.45	13.15 - 13.45	13.15 - 13.45	2	13.45 - 14.15	13.45 - 14.15	13.45 - 14.15
3	13.45 - 14.15	13.45 - 14.15	13.45 - 14.15	3	14.15 - 14.45	14.15 - 14.45	14.15 - 14.45
4	14.15 - 14.45	14.15 - 14.45	14.15 - 14.45	4	14.45 - 15.15	14.45 - 15.15	14.45 - 15.15
5	14.45 - 15.15	14.45 - 15.15	14.45 - 15.15		15.15 - 15.45	15.15 - 15.45	15.15 - 15.45
	15.15 - 15.45	15.15 - 15.45	15.15 - 15.45	5	15.45 - 16.15	15.45 - 16.15	15.45 - 16.15
6	15.45 - 16.15	15.45 - 16.15	15.45 - 16.15	6	16.15 - 16.45	16.15 - 16.45	16.15 - 16.45
7	16.15 - 16.45	16.15 - 16.45	16.15 - 16.45	7	16.45 - 17.15	16.45 - 17.15	16.45 - 17.15
8	16.45 - 17.15	16.45 - 17.15	16.45 - 17.15				

Tabel 3.1.2 Daftar Mata Pelajaran

No	Mata Pelajaran	Kode
1	Matematika	MTK
2	B. Indonesia	B.Ind
3	Ilmu Pengetahuan Alam	IPA
4	Ilmu Pengetahuan Sosial	IPS
5	Pendidikan Kewarganegaraan	PKN
6	Bimbingan Konseling	BK
7	Bahasa Inggris	B.Ing
8	Pendidikan Jasmani, Rohani, dan Kesehatan	PJOK
9	Pendidikan Seni dan Budaya	PSB

No	Mata Pelajaran	Kode
10	Pendidikan Agama	PA
11	Prakarya	Prak

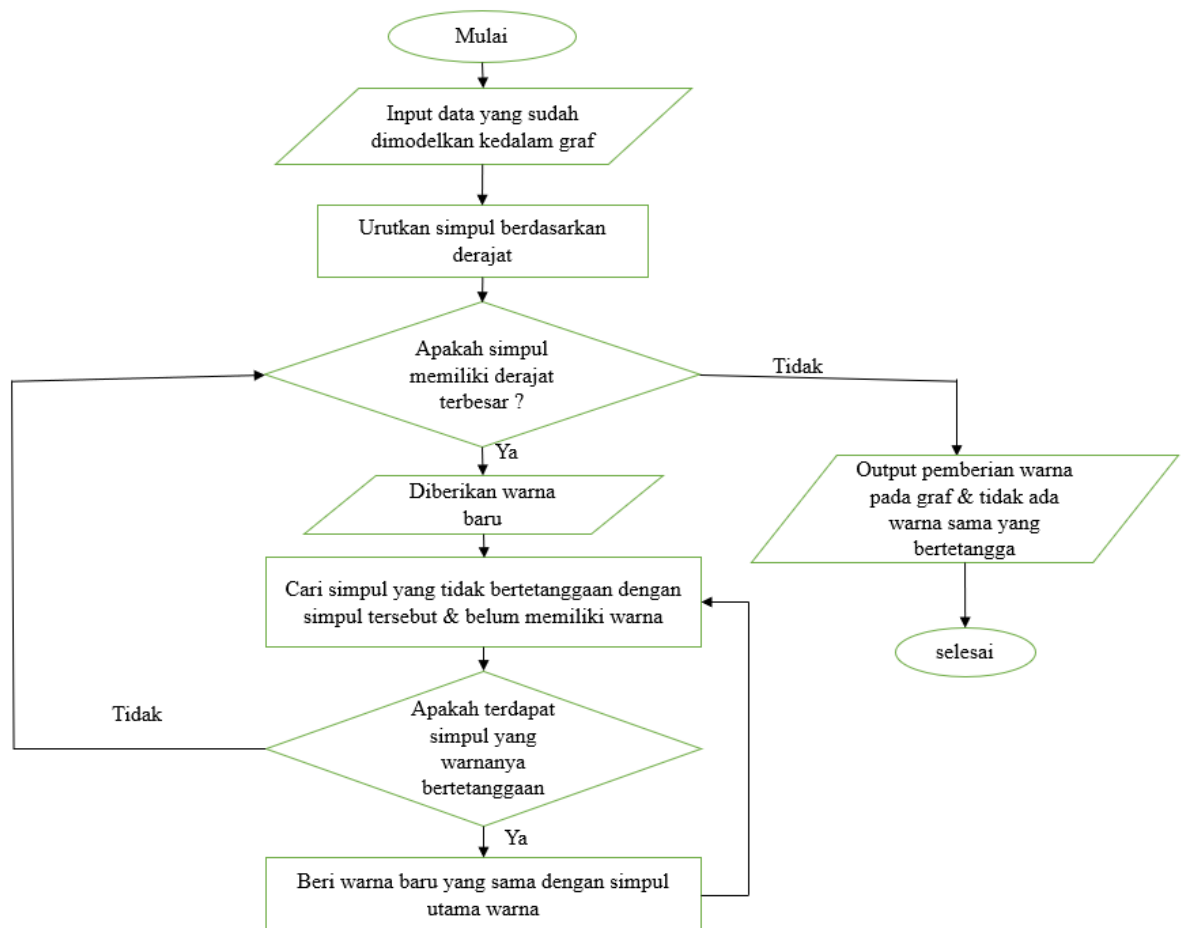
Tabel 3.1.3 Daftar Kode Guru dan Mata Pelajaran

No	Mata Pelajaran
1	PSB
2	Pendidikan Jasmani, Rohani, Kesehatan
3	Bahasa Indonesia
4	Pendidikan Kewarganegaraan
5	Bahasa Indonesia
6	Pendidikan Seni dan Budaya
7	Prakarya
8	Bimbingan konseling
9	Matematika
10	Bahasa Inggris
11	Ilmu pengetahuan Alam
12	Agama Islam
13	Agama Islam
14	Ilmu Pengetahuan Alam
15	Matematika
16	Ilmu pengetahuan Sosial
17	Ilmu pengetahuan Alam
18	Bahasa Indonesia
19	Agama Kristen
20	Pendidikan Kewarganegaraan
21	Bahasa Indonesia
22	Bahasa Inggris
23	Bahasa Inggris
24	Ilmu pengetahuan Sosial
25	Matematika
26	Ilmu Pengetahuan Sosial Pendidikan Seni dan Budaya
27	Agama Budha
28	Agama Hindu
29	Bahasa Inggris
30	Pendidikan Jasmani, Rohani, Kesehatan
31	Pendidikan Seni dan Budaya
32	Prakarya
33	Pendidikan Jasmani, Rohani, dan Kesehatan
34	Ilmu Pengetahuan Sosial
35	Agama Islam
36	Ilmu Pengetahuan Alam

Pada gambar 3.2 menjelaskan mengenai langkah-langkah pewarnaan simpul dengan menggunakan *Algoritma Welch-Powell* pada graf.

Berdasarkan (Pasnur, 2012), langkah-langkah pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* adalah sebagai berikut.

1. Urutkan simpul dari graf G dengan derajat menurun. Urutannya tidak unik karena mungkin ada simpul berderajat sama.
2. Gunakan warna untuk mewarnai simpul pertama yang berderajat paling tinggi serta simpul lainnya yang tidak adjacent dengan simpul tersebut.
3. Beri warna kedua pada simpul dengan derajat tertinggi lainnya yang belum diwarnai.
4. Ulangi langkah tersebut hingga semua simpul sudah diwarnai.



Gambar 3.2. Flowchart Algoritma Welch-Powell

Proses pewarnaan graf dalam hal penjadwalan mata pelajaran ini diasumsikan kode guru dan mata pelajaran sebagai simpul (vertex) dan kelas

sebagai garis (edge). Dalam menyusun proses penjadwalan dari mata pelajaran yang ada dilakukan berdasarkan tingkatan kelas dan hari.

Berdasarkan tabel 3.1.1 pada hari senin terdapat 8 jam pelajaran, sehingga pada hari senin dipertimbangkan mata pelajaran apa saja yang diambil tiap kelas yang menghasilkan total 8 jam pelajaran.

Berikut merupakan proses pewarnaan graf untuk menghasilkan jadwal mata pelajaran.

1. Implementasi *Algoritma Welch-Powell* untuk penjadwalan mata pelajaran kelas 7 Hari Senin

Tabel 3.2.1 Mata Pelajaran Kelas 7 pada Hari Senin

Pelajaran Kelas	PA (35)	PKN (20)	B.ind (18)	B.ind (21)	B.ing (22)	B.ing (29)	MTK (9)	MTK (15)	MTK (25)
7A	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7B	1	0	0	1	0	0	0	0	0
7C	0	1	0	0	1	0	0	0	0
7D	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7E	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7F	0	0	0	0	0	1	0	0	0

IPA (14)	IPA (17)	IPA (36)	IPS (24)	IPS (34)	PSB (6)	PJOK (2)	PJOK (33)	Prak (7)	BK (8)
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Keterangan =

0 = kelas yang tidak mengambil mata pelajaran.

1 = kelas yang mengambil mata pelajaran.

7A = {PA (35), MTK (25), IPA (17)}

7B = {PA (35), B.ind (21), Prak (7)}

7C = {PKN (20), B.ing (22), PSB (6)}

7D = {MTK (9), PSB (6), PJOK (2), Prak (7), BK (8)}

7E = {B.ing (29), IPA (14), IPS (24), Prak (7)}

7F = {B.ing (29), PSB (6), PJOK (33)}

Tabel 3.2.1 menunjukkan setiap mata pelajaran yang diambil pada setiap kelas 7 pada hari Senin dengan total 19 mata pelajaran dan 6 kelas.

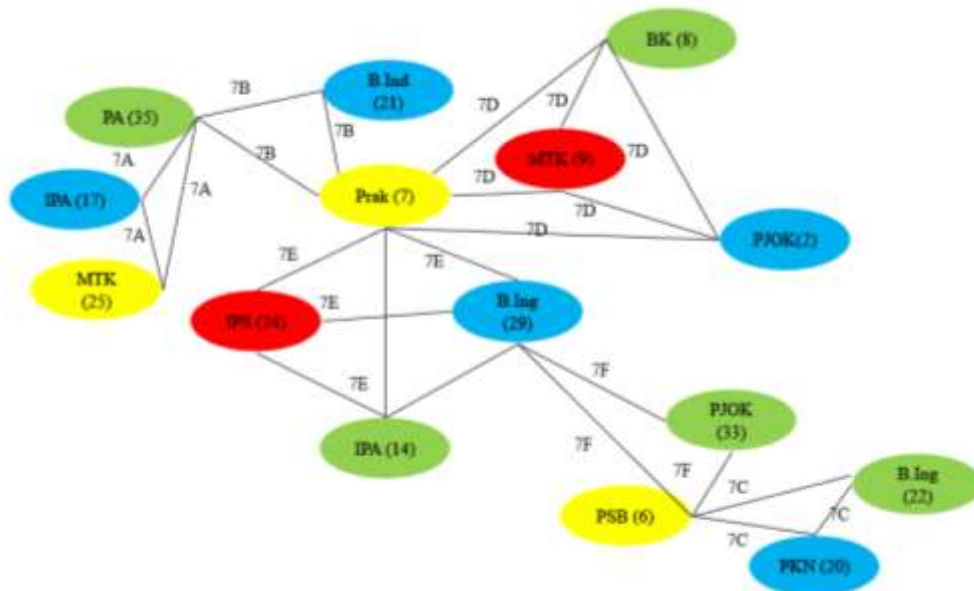
Angka 1 pada elemen (i, j) menandakan kelas i memilih mata pelajaran j , sedangkan angka 0 menyatakan bahwa kelas i tidak memilih mata pelajaran j sehingga tersisa 14 mata pelajaran yang tidak memiliki angka 0, berdasarkan tabel tersebut akan disusun jadwal pelajaran sedemikian sehingga tidak ada jadwal pelajaran yang bertabrakan dengan jadwal yang lain.

Representasi graf dari perancangan program teknik pewarnaan graf pada tabel 3.2.1 adalah sebagai berikut.

- a. Program akan dirancang dengan terlebih dahulu membentuk verteks yang berjumlah 14 verteks sebagai penempatan jadwal pelajaran.
- b. Setiap verteks akan diberi label dengan nama-nama jadwal pelajaran yang akan diambil siswa.
- c. Verteks-verteks yang telah dibentuk akan dihubungkan dengan sisi (edge)
- d. Setiap edge yang menghubungkan antar verteks akan diberi label kelas untuk membentuk graf menjadi sempurna. $E(G) = \{7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F\}$

Proses pewarnaan simpul pada graf menggunakan *Algoritma Welch-Powell* adalah sebagai berikut.

- a. Urutkan simpul dengan derajat menurun.
- b. Warnai simpul dengan derajat terbesar yaitu Prak(7) dengan warna kuning, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan Prak(7) yaitu MTK(25), PSB(6).
- c. Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu B.Ing(29) dengan warna biru, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan B.Ing(29) yaitu B.Ind(21), IPA(17), PJOK(2), PKN(20).
- d. Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu PA(35) dengan warna hijau, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan PA(35) yaitu IPA(14), BK(8), PJOK(33), B.Ing(22).
- e. Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu MTK(9) dengan warna merah, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan MTK(9) yaitu IPS(24).



Gambar 3.2.1. Pewarnaan Simpul Pada Graf Kelas 7 Hari Senin

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* didapatkan warna yang berbeda tiap simpulnya lalu langkah-langkah mengimplementasikan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* kedalam jadwal pelajaran adalah

- Penyusunan jadwal dimulai dari kelas 7A hingga 7F dengan warna hijau sebagai jam pelajaran ke-1, biru jam pelajaran ke-2, kuning jam pelajaran ke-3, dan merah jam pelajaran ke-4.
- Pada kelas 7B memiliki mata pelajaran yang sama dengan 7A yaitu PA(35) sehingga tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-1 sehingga Prakt(7) menjadi jam pelajaran ke-1 dikelas 7B.
- Pada kelas 7E memiliki mata pelajaran yang sama dengan 7D dan 7A yaitu Prakt(7) sehingga tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-3 dan ke-1 sehingga Prakt(7) menjadi jadwal pelajaran ke-3 dikelas 7E.
- Pada kelas 7F memiliki jadwal pelajaran yang sama dengan 7C dan 7E yaitu PSB(6) dan B.Ind(29) sehingga PSB(6) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-3 dan B.Ind(29) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-2.

Tabel 3.2.1.1 Jadwal Pelajaran Hari Senin Kelas 7

Waktu	Jam ke	7A	7B	7C	7D	7E	7F
12.45 – 13.15	1	PA (35)	Prak (7)	B.Ing (22)	BK (8)	IPA (14)	PSB (6)
13.13 – 13.45	2	PA (35)	Prak (7)	B.Ing (22)	PJOK (2)	IPA (14)	PSB (6)
13.45 – 14.15	3	PA (35)	B.Ind (21)	PKN (20)	PJOK (2)	B.Ing (29)	PSB (6)
14.15 – 14.45	4	IPA (17)	B.Ind (21)	PKN (20)	PJOK (2)	B.Ing (29)	PJOK (33)
14.45 - 15.15	5	IPA (17)	B.Ind (21)	PKN (20)	Prak (7)	IPS (24)	PJOK (33)
15.15 – 15.45		Istirahat					
15.45 – 16.15	6	IPA (17)	PA (35)	PSB (6)	Prak (7)	IPS (24)	PJOK (33)
16.15 – 16.45	7	MTK (25)	PA (35)	PSB (6)	MTK (9)	Prak (7)	B.Ing (29)
16.45 – 17.15	8	MTK (25)	PA (35)	PSB (6)	MTK (9)	Prak (7)	B.Ing (29)

2. Implementasi *Algoritma Welch-Powell* untuk penjadwalan mata pelajaran kelas 8 hari Senin

Tabel 3.2.2 Mata Pelajaran Hari Senin Kelas 8

Pelajaran Kelas	PA (13)	PKN (4)	B.ind (5)	B.ind (18)	B.ind (21)	B.ing (22)	B.ing (23)	MTK (15)	IPA (11)
8A	0	0	0	1	0	0	0	1	0
8B	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8C	0	0	0	0	1	0	1	0	0
8D	1	0	0	0	0	0	0	1	1
8E	0	1	0	0	0	0	1	0	0
8F	1	0	0	1	0	0	0	0	1

IPA (17)	IPS (16)	IPS (26)	PSB (26)	PSB (31)	PJOK (30)	PJOK (33)	Prak (32)	BK (8)
0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan =

0 = kelas yang tidak mengambil mata pelajaran.

1 = kelas yang mengambil mata pelajaran.

8A = {B.ind (18), MTK (15), Prak (32)}

8B = {B.ing (23), IPS (26), Prak (32), BK (8)}

8C = {B.ind (21), B.ing (23), PJOK (33)}

$$8D = \{PA (13), MTK (15), IPA (11)\}$$

$$8E = \{PKN (4), B.ing (23), PSB (31)\}$$

$$8F = \{PA (13), B.ind (18), IPA (11)\}$$

Tabel 3.2.2 menunjukkan setiap mata pelajaran yang diambil pada setiap kelas 8 pada hari Senin dengan total 18 mata pelajaran dan 6 kelas. Angka 1 pada elemen (i,j) menandakan kelas i memilih mata pelajaran j, sedangkan angka 0 menyatakan bahwa kelas i tidak memilih mata pelajaran j sehingga tersisa 12 mata pelajaran yang tidak memiliki angka 0, berdasarkan tabel tersebut akan disusun jadwal pelajaran sedemikian sehingga tidak ada jadwal pelajaran yang bertabrakan dengan jadwal yang lain.

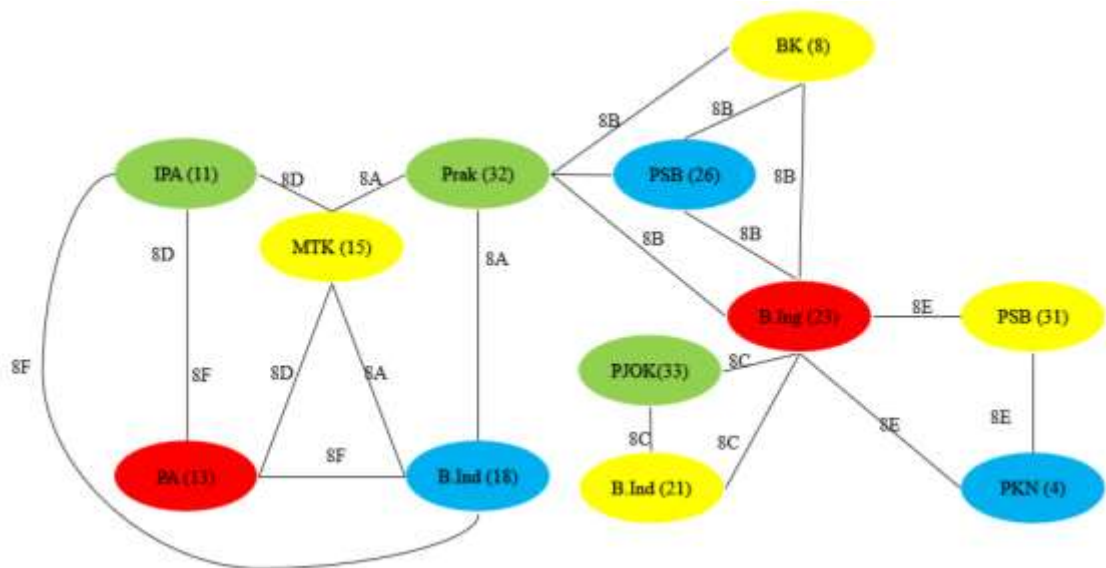
Representasi Graf dari perancangan program teknik pewarnaan graf pada tabel 3.2.2 adalah sebagai berikut :

- Program akan dirancang dengan terlebih dahulu membentuk verteks yang berjumlah 12 verteks sebagai penempatan jadwal pelajaran.
- Setiap verteks akan diberi label dengan nama-nama jadwal pelajaran yang akan diambil siswa.
- Verteks-verteks yang telah dibentuk akan dihubungkan dengan sisi (*edge*)
- Setiap *edge* yang menghubungkan antar verteks akan diberi label kelas untuk membentuk graf menjadi sempurna. $E(G) = \{ 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F\}$.

Proses pewarnaan simpul pada graf menggunakan *Algoritma Welch-Powell* adalah sebagai berikut

- Urutkan simpul dengan derajat menurun.
- Warnai simpul dengan derajat terbesar yaitu B.Ing(23) dengan warna merah, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan B.Ing(23) yaitu PA(13).
- Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu Prak(32) dengan warna hijau, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan Prak(32) yaitu IPA(11), PJO(33).
- Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu MTK(15) dengan warna kuning, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan MTK(15) yaitu BK(8), B.Ind(21), PSB(31).
- Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu PSB(26) dengan warna biru, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan

simpul yang tidak bertetangga dengan PSB(26) yaitu PKN(4), B.Ind(18).



Gambar 3.2.2 Pewarnaan Simpul pada Graf Kelas 8 Hari Senin

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* didapatkan warna yang berbeda tiap simpulnya lalu langkah-langkah mengimplementasikan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* kedalam jadwal pelajaran adalah

- Penyusunan jadwal dimulai dari kelas 8A hingga 8F dengan warna hijau sebagai jam pelajaran ke-1, biru jam pelajaran ke dua, kuning jam pelajaran ketiga, dan merah jam pelajaran ke-3 atau ke-4.
- Pada kelas 8B memiliki mata pelajaran yang sama dengan 8A yaitu Prakt(32) sehingga tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-1 sehingga PSB(26) menjadi jam pelajaran ke-1 dikelas 7B.
- Pada kelas 8C memiliki mata pelajaran yang sama dengan 8B yaitu B.Ind(23) sehingga tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-4 sehingga B.Ind(23) dijadwalkan kejam pelajaran ke-2 pada 8C.
- Pada kelas 8E memiliki mata pelajaran yang sama dengan 8B dan 8C yaitu B.Ind(23) sehingga tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-2 dan ke-4 sehingga B.Ind(23) menjadi jadwal pelajaran ke-1 dikelas 8E.
- Pada kelas 8F memiliki jadwal pelajaran yang sama dengan 8D yaitu PA(13) sehingga PA(13) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-3 sehingga PA(13) dijadwalkan kejam pelajaran ke-1.

Tabel 3.2.2.1 Jadwal Pelajaran Hari Senin Kelas 8

Waktu	Jam ke	8A	8B	8C	8D	8E	8F
12.45 - 13.15	1	Prak (32)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	B.Ing (23)	PA (13)
13.13 - 13.45	2	Prak (32)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	B.Ing (23)	PA (13)
13.45 - 14.15	3	B.Ind (18)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	PKN (4)	PA (13)
14.15 - 14.45	4	B.Ind (18)	Prak (32)	B.Ing (23)	MTK (15)	PKN (4)	IPA (11)
14.45 - 15.15	5	B.Ind (18)	Prak (32)	B.Ing (23)	MTK (15)	PKN (4)	IPA (11)
15.15 - 15.45		Istirahat					
15.45 - 16.15	6	MTK (15)	BK (8)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)
16.15 - 16.45	7	MTK (15)	B.Ing (23)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)
16.45 - 17.15	8	MTK (15)	B.Ing (23)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)

3. Implementasi *Algoritma Welch-Powell* untuk Penjadwalan Mata Pelajaran Kelas 9 Hari Senin

Tabel 3.2.3 Mata Pelajaran Kelas 9 pada Hari Senin

Pelajaran Kelas	PA (12)	PA (13)	PKN (4)	PKN (20)	B.ind (3)	B.ind (5)	B.ing (10)	B.ing (22)	B.ing (23)	B.ing (29)	MTK (9)
9A	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
9B	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
9C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9E	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
9F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
9G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

MTK (25)	IPA (11)	IPA (14)	IPS (24)	IPS (26)	PSB (6)	PSB (31)	PJOK (30)	PJOK (33)	Prak (7)	Prak (32)	BK (8)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan =

0 = kelas yang tidak mengambil mata pelajaran.

1 = kelas yang mengambil mata pelajaran.

9A = {B.ind (3), B.ing (10), MTK (25), BK (8)}

9B = {PKN (20), B.ind (3), B.ing (10)}

9C = {MTK (25), IPA (11), PJOK (30)}

9D = {IPS (24), PSB (31), PJOK (30)}

9E = {PKN (4), B.ind (5), MTK (9)}

9F = {B.ind (5), MTK (9), IPA (14)}

9G = {PA (12), IPA (14), IPA (26)}

Tabel 3.2.3 menunjukkan setiap mata pelajaran yang diambil pada setiap kelas 9 pada hari Senin dengan total 23 mata pelajaran dan 7 kelas. Angka 1 pada elemen (i,j) menandakan kelas i memilih mata pelajaran j, sedangkan angka 0 menyatakan bahwa kelas i tidak memilih mata pelajaran j sehingga tersisa 14 mata pelajaran yang tidak memiliki angka 0, berdasarkan tabel tersebut akan disusun jadwal pelajaran sedemikian sehingga tidak ada jadwal pelajaran yang bertabrakan dengan jadwal yang lain.

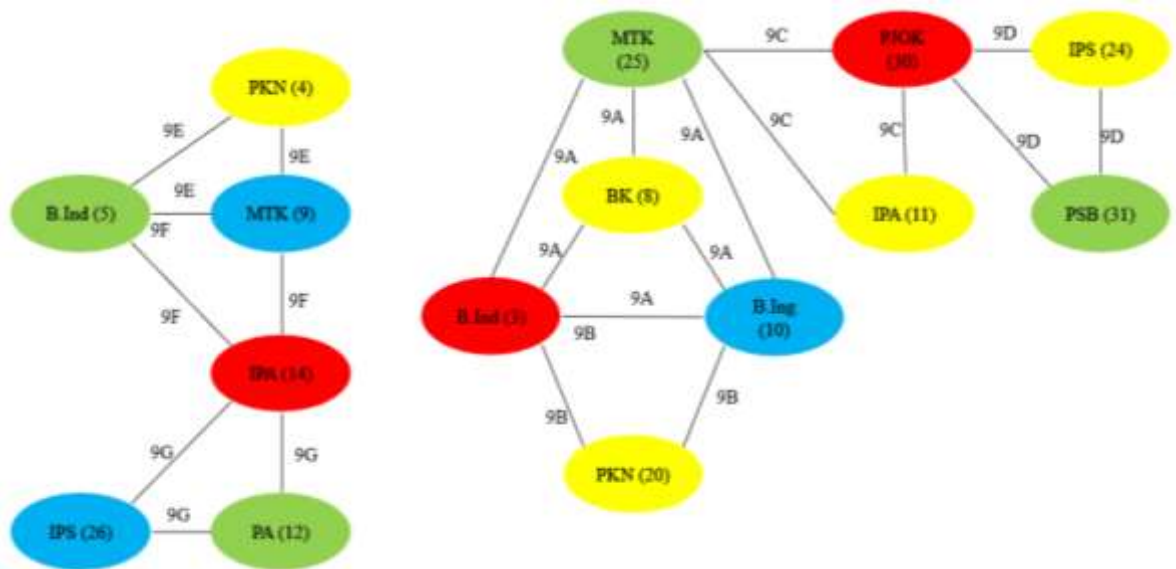
Representasi graf dari perancangan program teknik pewarnaan graf pada tabel 3.2.3 adalah sebagai berikut :

- Program akan dirancang dengan terlebih dahulu membentuk verteks yang berjumlah 14 verteks sebagai penempatan jadwal pelajaran.
- Setiap verteks akan diberi label dengan nama-nama jadwal pelajaran yang akan diambil siswa.
- Verteks-verteks yang telah dibentuk akan dihubungkan dengan sisi (*edge*)
- Setiap *edge* yang menghubungkan antar verteks akan diberi label kelas untuk membentuk graf menjadi sempurna. $E(G) = \{ 9A, 9B, 9C, 9D, 9E, 9F, 9G \}$.

Proses pewarnaan simpul pada graf menggunakan *Algoritma Welch-Powell* adalah sebagai berikut.

- Urutkan simpul dengan derajat menurun.
- Warnai simpul dengan derajat terbesar yaitu MTK(25) dengan warna hijau, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan MTK(25) yaitu PSB(31), B.Ind(5), PA(12).
- Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu PJOK(30) dengan warna merah, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang

- sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan PJK(30) yaitu IPA(14),B.Ind(3).
- Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu B.Ind(10) dengan warna biru, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan B.Ind(10) yaitu MTK(9), IPS(26).
 - Warnai simpul dengan derajat terbesar selanjutnya yaitu PKN(4) dengan warna kuning, lalu warnai simpul lainnya dengan warna yang sama dengan simpul yang tidak bertetangga dengan PKN(4) yaitu BK(8), PKN(20), IPA(11), IPS(24).



Gambar 3.2.3 Pewarnaan Simpul pada Graf Kelas 9 Hari Senin

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* didapatkan warna yang berbeda tiap simpulnya lalu langkah-langkah mengimplementasikan pewarnaan simpul menggunakan *Algoritma Welch-Powell* kedalam jadwal pelajaran adalah

- Penyusunan jadwal dimulai dari kelas 9A hingga 9G dengan warna hijau sebagai jam pelajaran ke-1, biru jam pelajaran ke-2, kuning jam pelajaran ke-3, dan merah jam pelajaran ke-3 atau ke-4.
- Pada kelas 9B memiliki mata pelajaran yang sama dengan 9A yaitu B.Ind(10) dan B.Ind(3) sehingga B.Ind(10) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-2 dan B.Ind(3) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-

- 4, sehingga B.Ing(10) dijadwalkan kejam pelajaran ke-1 dan B.Ind(3) dijadwalkan kejam pelajaran ke-2.
- c. Pada kelas 9C memiliki mata pelajaran yang sama dengan 9A yaitu Mtk(25) sehingga Mtk(25) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-1.
 - d. Pada kelas 9D memiliki mata pelajaran yang sama dengan 9C yaitu PJOK(30) sehingga PJOK(30) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-1.
 - e. Pada kelas 9G memiliki mata pelajaran yang sama dengan 9E dan 9F yaitu MTK(9) dan IPA(14) sehingga MTK(9) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-2 dan IPA(14) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-3.
 - f. Pada kelas 7F memiliki jadwal pelajaran yang sama dengan 7C dan 7E yaitu PSB(6) dan B.Ing(29) sehingga PSB(6) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-3 dan B.Ing(29) tidak dapat dijadwalkan kejam pelajaran ke-2.

Tabel 3.2.3.1 Jadwal Pelajaran Hari Senin Kelas 9

Waktu	Jam ke	9A	9B	9C	9D	9E	9F	9G
12.45 – 13.15	1	MTK (25)	B.Ing (10)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	PA (12)	MTK (9)
13.13 – 13.45	2	MTK (25)	B.Ing (10)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	PA (12)	MTK (9)
13.45 – 14.15	3	B.Ing (10)	B.Ind (3)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	PA (12)	MTK (9)
14.15 – 14.45	4	B.Ing (10)	B.Ind (3)	MTK (25)	PJOK(30)	MTK (9)	IPS (26)	IPA (14)
14.45 - 15.15	5	BK (8)	B.Ind (3)	MTK (25)	PJOK(30)	MTK (9)	IPS (26)	IPA (14)
15.15 – 15.45		Istirahat						
15.45 – 16.15	6	B.Ind (3)	PKN (20)	MTK (25)	PJOK (30)	PKN (4)	IPA (14)	B.Ind (5)
16.15 – 16.45	7	B.Ind (3)	PKN (20)	IPA (11)	IPS (24)	PKN (4)	IPA (14)	B.Ind (5)
16.45 – 17.15	8	B.Ind (3)	PKN (20)	IPA (11)	IPS (24)	PKN (4)	IPA (14)	B.Ind (5)

Proses penyusunan jadwal dapat dilakukan berdasarkan tingkatan kelas dan hari lalu diperoleh hasil penjadwalan mata pelajaran. Berikut ini adalah bilangan kromatik yang dihasilkan masing-masing graf pada hari Senin di kelas 7A, 7B, 7C, 7F, 8A, 8C, 8D, 8E, 8F, 9B, 9C, 9D, 9E, 9F, 9G

memiliki 3 warna yang berbeda yang dinyatakan sebagai bilangan kromatik, artinya terdapat 3 jenis mata pelajaran yang berbeda disetiap kelasnya. Di kelas 7D, 7E, 8B, 9A memiliki 4 warna yang berbeda yang dinyatakan sebagai bilangan kromatik, artinya terdapat 4 jenis mata pelajaran yang berbeda disetiap kelasnya.

Berikut tabel implementasi algoritma welch-powell menjadi jadwal mata pelajaran.

Tabel 3.3 Jadwal Mata Pelajaran Kelas 7, 8, dan 9 pada Hari Senin

Kelas							
Waktu	Jam ke	7A	7B	7C	7D	7E	7F
12.45 - 13.15	1	PA (35)	Prak (7)	B.Ing (22)	BK (8)	IPA (14)	PSB (6)
13.15 - 13.45	2	PA (35)	Prak (7)	B.Ing (22)	PJOK (2)	IPA (14)	PSB (6)
13.45 - 14.15	3	PA (35)	B.Ind (21)	PKN (20)	PJOK (2)	B.Ing (29)	PSB (6)
14.15 - 14.45	4	IPA (17)	B.Ind (21)	PKN (20)	PJOK (2)	B.Ing (29)	PJOK (33)
14.45 - 15.15	5	IPA (17)	B.Ind (21)	PKN (20)	Prak (7)	IPS (24)	PJOK (33)
15.15 - 15.45		Istirahat					
15.45 - 16.15	6	IPA (17)	PA (35)	PSB (6)	Prak (7)	IPS (24)	PJOK (33)
16.15 - 16.45	7	MTK (25)	PA (35)	PSB (6)	MTK (9)	Prak (7)	B.Ing (29)
16.45 - 17.15	8	MTK (25)	PA (35)	PSB (6)	MTK (9)	Prak (7)	B.Ing (29)
Waktu	Jam ke	8A	8B	8C	8D	8E	8F
12.45 - 13.15	1	Prak (32)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	B.Ing (23)	PA (13)
13.15 - 13.45	2	Prak (32)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	B.Ing (23)	PA (13)
13.45 - 14.15	3	B.Ind (18)	PSB (26)	PJOK (33)	IPA (11)	PKN (4)	PA (13)
14.15 - 14.45	4	B.Ind (18)	Prak (32)	B.Ing (23)	MTK (15)	PKN (4)	IPA (11)
14.45 - 15.15	5	B.Ind (18)	Prak (32)	B.Ing (23)	MTK (15)	PKN (4)	IPA (11)
15.15 - 15.45		Istirahat					

15.45 - 16.15	6	MTK (15)	BK (8)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)	
16.15 - 16.45	7	MTK (15)	B.Ing (23)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)	
16.45 - 17.15	8	MTK (15)	B.Ing (23)	B.Ind (21)	PA (13)	PSB (31)	B.Ind (18)	
Waktu	Jam ke	9A	9B	9C	9D	9E	9F	9G
12.45 - 13.15	1	MTK (25)	B.Ing (10)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	MTK (9)	PA (12)
13.15 - 13.45	2	MTK (25)	B.Ing (10)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	MTK (9)	PA (12)
13.45 - 14.15	3	B.Ing (10)	B.Ind (3)	PJOK (30)	PSB (31)	B.Ind (5)	MTK (9)	PA (12)
14.15 - 14.45	4	B.Ing (10)	B.Ind (3)	MTK (25)	PJOK (30)	MTK (9)	IPA (14)	IPS (26)
14.45 - 15.15	5	BK (8)	B.Ind (3)	MTK (25)	PJOK (30)	MTK (9)	IPA (14)	IPS (26)
15.15 - 15.45				Istirahat				
15.45 - 16.15	6	B.Ind (3)	PKN (20)	MTK (25)	PJOK (30)	PKN (4)	B.Ind (5)	IPA (14)
16.15 - 16.45	7	B.Ind (3)	PKN (20)	IPA (11)	IPS (24)	PKN (4)	B.Ind (5)	IPA (14)
16.45 - 17.15	8	B.Ind (3)	PKN (20)	IPA (11)	IPS (24)	PKN (4)	B.Ind (5)	IPA (14)

Implikasi pada penelitian ini didapatkan bahwa dengan menggunakan *Algoritma Welch-Powell* didapatkan jadwal pelajaran yang tidak ada bentrok antar guru, mata pelajaran, dan jam mengajar. Pada penelitian sebelumnya penggunaan *Algoritma Welch-Powell* digunakan untuk mewarnai 1 kelas saja dengan warna yang berbeda tidak dapat dijadwalkan dihari yang sama, namun pada penelitian ini didapatkan bahwa penyusunan jadwal mata pelajaran menggunakan *Algoritma Welch-Powell* dapat menghasilkan jadwal pelajaran tiap hari dimana jika ada dua kelas yang memiliki mata pelajaran yang sama dapat dijadwalkan kedalam hari yang sama namun dijadwalkan kedalam jam yang berbeda.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses penyusunan jadwal dapat dilakukan dengan menggunakan *Algoritma Welch-Powell* yaitu teknik pada pewarnaan simpul pada graf.

Dengan graf yang digunakan simpul sebagai mata pelajaran dan garis sebagai kelas. Garis yang menghubungkan tiap simpul merupakan mata pelajaran yang tidak dapat dilaksanakan pada jam dan kelas yang sama dan selanjutnya diimplementasikan menjadi tabel jadwal pelajaran dan diperoleh jadwal mata pelajaran yang tidak ada bentrok antar guru, mata pelajaran, dan jam mengajar.

Penjadwalan mata pelajaran masih menggunakan *Microsoft Excel* atau *Microsoft Word* sehingga menghabiskan banyak waktu dan memungkinkan terjadinya *human error* yaitu terjadinya jadwal yang bentrok, sehingga diperlukan metode yang tepat supaya menghasilkan jadwal yang tidak bentrok salah satunya dengan *Algoritma Welch-Powell* yaitu teknik pewarnaan simpul pada graf. Dengan demikian artikel ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penyusunan jadwal mata pelajaran di sekolah dan dapat dilakukan studi lebih lanjut terkait penerapan pewarnaan graf untuk menyelesaikan permasalahan di kehidupan masyarakat.

DAFTAR RUJUKAN

- Bender, E., & Williamson, S. G. (2010). *Lists, Decisions and Graphs. With an Introduction to Probability*.
- Dwi Astuti, Y. (2013). Dasar Teori Graf. *Logika Dan Algoritma*, (tahun 1736), 2-14.
- Handayani, D., Rosely, E., & Mayadewi, P. (2016). Algoritma Welch-Powell Studi Kasus: Kelas X MIPA SMA Negeri 8 Bandung. *E-Proceeding of Applied Science*, 2(3), 933-935.
- Lesmana, N. I. (2017). Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Waktu Produksi Dengan Menggunakan Metode Branch And Bound. *Jurnal Teknik Industri*, 17(1), 42-50. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol17.no1.42-50>
- Mahmudah, M., & Irawati, T. N. (2018). Aplikasi Pewarnaan Graf Terhadap Pembuatan Jadwal Ujian Semester di Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Islam Jember. *Mathematics*, 1, 1-10.
- Masyoyo, D. (2014). Analisa dan Implementasi Algoritma Prioriti Dispatching dalam penjadwalan pembagian ruangan ujian. *Informasi Dan Teknologi Ilmiah*, 2.
- Munir, R. (2014). *Matematika Diskrit* (Revisi Kel). Bandung: Penerbit Informatika.
- Niarma, Pramono, B., & Tajidun, L. (2018). Aplikasi penjadwalan menggunakan algoritma welch powell (studi kasus: sma

- muhammadiyah kendari). *semantik*, 4(1), 1–6.
- Nurdiana, I. (2020). Perbedaan Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif, 2017–2019. <https://doi.org/10.31219/osf.io/t2d7x>
- Pasnur, P. (2012). Implementasi Algoritma Welch-Powell dalam Pembuatan Jadwal Ujian Akhir Semester. *Inspiration : Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 2(1), 35–44.
- Puspasari, D. T. (2015). Pewarnaan Titik pada Graf Khusus : Operasi dan Aplikasinya Pendahuluan Metode Penelitian Hasil Penelitian, 3, 1–6.
- Putra, D. P., & Riadi, I. (2014). Media Pembelajaran Penjadwalan Proses Berbasis Multimedia untuk Memudahkan Pemahaman Mahasiswa pada Mata Kuliah Sistem Operasi. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 2(3), 84–91. <https://doi.org/10.12928/jstie.v2i3.2878>
- Ramlah, Hasmawati, & Lawi, A. (2013). *Pengembangan Algoritma Baris untuk Pewarnaan Graf*. Retrieved from <http://pasca.unhas.ac.id/jurnal/files/256bc5ac80b2296a34330403e07c8c4d.pdf>
- Supiyandi, & Eka, M. (2018). Penerapan Teknik Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Ujian Dengan. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 03(01), 58–63.
- Syakur, A. (2004). *Pewarnaan Graf*. Retrieved from http://rifki_kosasih.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/37597/P EWARNAAN+GRAF.pdf