

# Aplikasi Pewarnaan Graf untuk Sistem Penjadwalan *On-Air* Stasiun Radio

Muhamad Irfan Maulana - 13515037  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13515037@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Teorema graf dapat memecahkan berbagai permasalahan, diantaranya adalah membantu penyusunan jadwal. Salah satu penjadwalan yang dapat di aplikasikan dengan teorema graf adalah jadwal *on-air* stasiun radio, dimana ada banyak penyiar yang harus dicocokkan dengan jadwal program siaran yang ada. Apalagi jika adanya keterbatasan waktu luang penyiar yang berbeda-beda untuk siaran, maka dibutuhkan metode penjadwalan yang efektif dan efisien agar meminimalisir kesalahan penjadwalan. Masalah ini dapat diselesaikan dengan pengaplikasian pewarnaan graf.

**Kata kunci**—Pengaplikasian graf, pewarnaan graf, penjadwalan *on-air* stasiun radio.

## I. PENDAHULUAN

Radio merupakan salah satu dari media komunikasi. Dalam sebuah radio pasti mempunyai program siaran yang terjadwal di jam tertentu. Setiap program siaran radio pasti mempunyai penyiar yang akan membawakan program radio tersebut dan ini disebut saat *on-air*. Jika program radio tersebut tidak memiliki penyiar maka disebut program *off-air*.

Setiap radio mempunyai jadwal *on-air* nya masing-masing. Biasanya jadwal *on-air* dari radio tersebut tergantung dengan banyaknya sumber daya penyiarnya dan juga dari ketersediaan waktu penyiar tersebut. Semakin banyak penyiar dan ketersediaan waktu antar penyiar yang berbeda-beda menyebabkan kesulitan untuk membuat jadwal program *on-air* dari sebuah radio.

Masalah ini bertambah berat ketika ada penyiar baru dan juga jika ada penyiar yang keluar dari radio tersebut. Karena hal tersebut dapat membuat jadwal harus diatur ulang kembali. Hal ini harus sangat dipertimbangkan ketika ada perubahan jadwal *on-air* radio.

Untuk itu diperlukan system untuk pengaturan jadwal *on-air* sebuah radio yang berdasarkan dari ketersediaan waktu penyiar. Setiap penyiar biasanya satu kali dalam seminggu dan memegang satu buah program acara radio dan biasanya setiap program acara radio mempunyai 2 penyiar.

## II. LANDASAN TEORI

Graf merupakan salah satu metode untuk menggambarkan sekumpulan objek diskrit beserta hubungannya. Dalam graf tersebut terdapat simpul (*vertice*) dan sisi (*edge*). Simpul merepresentasikan objek diskrit dan sisi merepresentasikan hubungan diantara objek-objek diskrit.

### 2.1 Teori Graf

Graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan simpul dan sisi. Notasi suatu graf adalah  $G = (V, E)$ , dimana :

$G$  = Graf

$V$  = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*) =  $\{v, v, \dots, v\}$ .

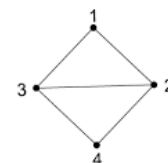
$E$  = himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul =  $\{e_1, e_2, \dots, e_j\}$ .

### 2.2 Jenis-Jenis Graf

Graf bisa dikelompokkan menjadi beberapa jenis. Jika dilihat berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi ganda, maka graf dikelompokkan menjadi :

#### 1. Graf sederhana

Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.

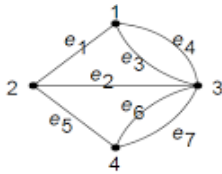


Gambar 1 - Contoh Graf Sederhana

[1] <http://rabbitjeyek.blogspot.co.id/2011/12/teori-graf-3.html>, diakses pada 08 Desember 2016

#### 2. Graf tak-sederhana

Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.



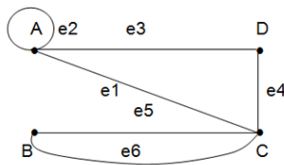
Gambar 2 - Contoh Graf Tak-sederhana

[2] [http://shaessa.blogspot.co.id/2011\\_12\\_01\\_archive.html](http://shaessa.blogspot.co.id/2011_12_01_archive.html), diakses pada 08 Desember 2016

Jika dilihat berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf, maka graf dikelompokkan menjadi:

1. Graf tak-berarah (undirected graph)

Graf tak-berarah merupakan graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf tak-berarah, urutan pasang simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan..

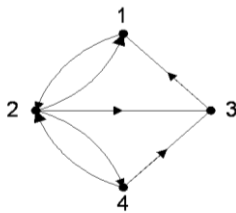


Gambar 3 - Contoh Graf Tak-berarah

[3] <https://adriankarkblog.wordpress.com/2014/04/24/graf-tak-berarah-tugas-matematika-informatika-4/>, diakses pada 09 Desember 2016

2. Graf berarah

Graf berarah adalah graf yang sisinya memiliki suatu orientasi arah tertentu.



Gambar 4 - Contoh Graf Berarah

[4] [http://sha-essa.blogspot.co.id/2011\\_12\\_01\\_archive.html](http://sha-essa.blogspot.co.id/2011_12_01_archive.html), diakses pada 09 Desember 2016

2.3 Terminologi Dasar Graf

Berikut ini akan dipaparkan beberapa terminologi (istilah) yang berkaitan dengan graf dan akan digunakan pada pewarnaan graf.

- Bertetangga (Adjacent)
 

Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya langsung terhubung dengan suatu sisi. Contohnya,  $v_1$  bertetangga dengan  $v_2$  jika ada sisi yang menghubungkan  $v_1$  dan  $v_2$ .
- Bersisian (Incident)

Untuk setiap sembarang sisi  $e = (v_1, v_2)$  sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan simpul  $v_1$  dan simpul  $v_2$ .

- Derajat (Degree)
 

Derajat dari suatu simpul pada graf tak-berarah yaitu jumlah dari sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Notasi :  $d(v)$  menyatakan derajat simpul  $v$ .
- Graf Kosong (Null Graph atau Empty Graph)
 

Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong. Graf kosong biasanya ditulis sebagai  $N$ , yang dalam hal ini adalah jumlah simpul.
- Graf Planar (Planar Graph) dan Graf Bidang (Plane Graph)
 

Graf planar (planar graph) adalah graf yang dapat digambarkan pada bidang datar dengan sisi-sisi yang tidak saling memotong (bersilangan). Jika tidak, maka ia disebut graf tak-planar. Graf planar yang digambarkan dengan sisi-sisi yang tidak saling berpotongan disebut graf bidang (plane graph) .
- Graf Lengkap (Complete Graph)
 

Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap simpulnya memiliki sisi ke semua simpul lainnya. Graf lengkap dengan  $n$  buah simpul dilambangkan dengan  $K_n$ . Setiap simpul  $K_n$  berderajat  $n-1$ . Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari  $n$  buah simpul adalah  $n(n-1)/2$ .
- Graf Bipartit (Bipartite Graph)
 

Graf bipartite adalah graf yang himpunan simpulnya dapat dipisah menjadi dua himpunan bagian  $V_1$  dan  $V_2$ , sedemikian sehingga setiap sisi pada graf tersebut menghubungkan semua simpul di  $V_1$  ke sebuah simpul di  $V_2$ . Notasinya adalah  $G(V_1, V_2)$ .
- Graf Lingkaran
 

Graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua.
- Graf Berbobot (Weighted Graph)
 

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah bobot.

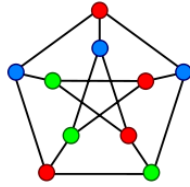
2.4 Pewarnaan Graf (Graph Colouring)

Pewarnaan graf terbagi menjadi tiga macam, yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi, dan pewarnaan wilayah (region). Berikut adalah penjelasan dari setiap metode pewarnaan graf.

1. Pewarnaan Simpul

Pewarnaan simpul adalah suatu metode pewarnaan pada simpul-simpul graf dengan

memberikan warna yang berbeda pada setiap simpul yang bertetangga. Dalam persoalan pewarnaan graf, masalah yang ada tidak hanya sekedar mewarnai simpul-simpul, tetapi macam warna yang digunakan juga harus sesedikit mungkin. Jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai simpul disebut bilangan kromatik graf G.

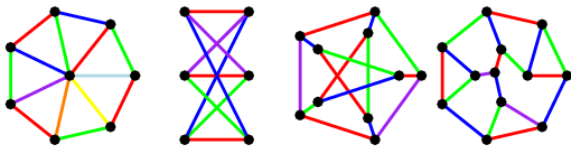


Gambar 5 - Contoh Graf dengan Pewarnaan Simpul

[5][https://rahadikusuma.blogspot.co.id/2013/12/matematika-diskrit-pewarnaan-graf\\_30.html](https://rahadikusuma.blogspot.co.id/2013/12/matematika-diskrit-pewarnaan-graf_30.html), diakses pada 09 Desember 2016

## 2. Pewarnaan Sisi

Pewarnaan sisi adalah suatu metode pewarnaan graf dengan memberikan warna pada sisi-sisi dari graf dengan warna yang berbeda untuk setiap sisi yang berdekatan.

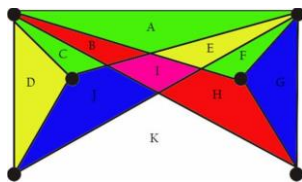


Gambar 6 - Contoh Graf dengan Pewarnaan Sisi

[6] <http://math.tutorcircle.com/discrete-math/graph-coloring.html>, diakses pada 09 Desember 2016

## 3. Pewarnaan Wilayah (Region)

Pewarnaan wilayah/area adalah suatu metode pewarnaan graf dimana wilayah yang bersebelahan dari graf tidak mempunyai warna yang sama. Aplikasi dari pewarnaan wilayah ini adalah pewarnaan peta.



Gambar 7 - Contoh Graf dengan Pewarnaan Wilayah

[7]<http://neykafie29.blogspot.co.id/2014/12/pewarnaan-pada-graf.html>, diakses pada 09 Desember 2016

## 2.5 Algoritma Pewarnaan Graf

### 1. Algoritma Welch-Powell

Algoritma ini dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graf secara efisien. Akan tetapi algoritma ini tidak selalu memberikan jumlah minimum warna

yang diperlukan untuk mewarnai. Walaupun demikian, algoritma ini praktis untuk digunakan dalam mewarnai simpul graf. Algoritma Welch-Powell ini dinyatakan sebagai berikut :

1. Urutkan simpul berdasarkan derajatnya dari yang terbanyak hingga yang tersedikit.
2. Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang mempunyai derajat paling tinggi) dan simpul-simpul lain (sesuai dengan urutannya) yang tidak bertetangga dengan simpul yang pertama ini.
3. Mulailah lagi dengan simpul yang memiliki derajat tertinggi berikutnya dalam daftar terurut yang masih belum diwarnai. Ulangi proses ini dengan menggunakan warna kedua.
4. Ulangi penambahan warna-warna sampai semua simpul telah diwarnai.

### 2. Algoritma Recursive Largest First (RLF)

Langkah kerja dari algoritma Recursive Largest First secara singkat :

1. Buat daftar semua simpul yang belum diwarnai dengan derajat tetangga (jumlah node tetangga yang belum diwarnai) terurut secara descending.
2. Ambil simpul yang memiliki derajat tetangga tertinggi dan warnai dengan sebuah warna.
3. Buang simpul yang telah diwarnai pada langkah (2) dan semua simpul yang bertetangga dengan simpul tersebut dari daftar simpul.
4. Warnai semua simpul yang tersisa pada daftar simpul dengan warna yang sama dengan warna simpul tadi.
5. Ulangi langkah-langkah diatas hingga semua node pada graph terwarnai.

## III. SISTEM PENJADWALAN *ON-AIR* RADIO

Penjadwalan *on-air* stasiun radio adalah salah satu masalah yang biasa dihadapi oleh setiap stasiun radio. Pada permasalahan ini, penyiar radio harus ditempatkan hanya pada satu program acara dan harus pada jam yang penyiar bisa. Penjadwalan ini harus dibuat tanpa adanya bentrok dari setiap penyiar.

Terdapat beberapa kasus yang dapat dimodelkan untuk membuat jadwal *on-air* stasiun radio ini agar kesalahan dapat diminimalisir. Walaupun pada kenyataannya masih banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi dari pembuatan jadwal *on-air* radio. Tetapi secara umum kita dapat memodelkan dengan pengaturan waktu luang penyiar dan juga waktu dari program acara

Sama halnya seperti membuat jadwal secara umum, memang penjadwalan *on-air* dapat dilakukan dengan diskusi sesama anggota. Tetapi jika dilakukan demikian maka akan memakan waktu yang lebih lama dan juga kurang terstruktur. Apalagi jika skala radio yang besar dan mempunyai banyak penyiar dan banyak program acara. Maka membuat jadwal dengan diskusi akan menjadi rumit

dan rentan akan kesalahan. Oleh karena itu harus dibuat suatu sistem penjadwalan yang efektif dan efisien.

### 3.1 Pemodelan Masalah

Dalam pembuatan sistem penjadwalan *on-air* radio data yang diperlukan adalah banyaknya penyiar di radio tersebut, ketersediaan waktu penyiar, dan jam operasional radio. Untuk menyelesaikan masalah ini, pertama kita harus memodelkan data-data tersebut. Salah satu model yang mudah untuk dipahami adalah graf.

Dalam graf terdapat himpunan simpul dan juga relasi dari setiap simpulnya yang digambarkan dengan sisi. Hal ini relevan dengan data yang kita punya, yaitu simpul merepresentasikan banyak penyiar di radio tersebut, lalu sisi merepresentasikan ketersediaan antar waktu penyiar terhadap jam operasionalnya.

Untuk memperjelasnya, akan diberikan tabel dengan isi berupa data banyaknya penyiar radio, ketersediaan waktu penyiar, dan jam operasional radio. Perhatikan tabel dibawah ini :

Jam Operasional	A	B	C	D	E	F
Senin,, 07.00–09.00	1	0	0	0	1	0
Senin,, 09.00–11.00	0	0	0	0	1	0
Senin,, 11.00–13.00	0	1	0	1	0	1
Selasa,, 14.00–16.00	0	0	1	0	0	1
Selasa, 16.00–18.00	0	0	0	1	0	0
Selasa,, 18.00–20.00	0	1	0	0	0	0

Tabel 1 :Data Jam Operasional Radio dan Data Penyiar

Tabel diatas menunjukkan jam operasional radio yang tersedia untuk *on-air*, di dalam tabel tersedia 6 segmen jadwal untuk dimasukkan sebuah program acara. Lalu penyiar di tabel tersebut adalah A, B, C, D, E, dan F. angka 1 menandakan bahwa penyiar mempunyai waktu luang di jam tersebut. Lalu angka 0 menandakan bahwa penyiar tidak dapat siaran pada jam tersebut.

Berdasarkan tabel diatas, kita cari bagaimana caranya mencocokkan jam operational yang tersedia dan juga penyiarnya. Penyiar hanya boleh mengambil satu program acara di jam operational tersebut, dan maksimal 2 orang di satu program acara.

Selanjutnya kita harus memodelkan data dari tabel diatas menjadi sebuah graf. Cara membuat grafnya adalah :

1. Buat simpul sebanyak penyiar radio tersebut.
2. Lihat dari penyiar radio pertama semua angka 1 berada di baris mana, lalu bandingkan dengan

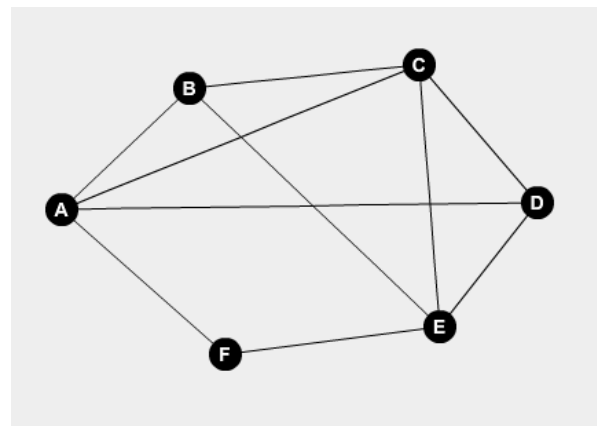
penyiar lainnya.

3. Jika semua baris tersebut penyiar lain berangkat 0, maka buat sisi di kedua simpul yang merepresentasikan penyiar radio tersebut mempunyai relasi tidak boleh dipasangkan.
4. Ulangi sampai penyiar radio terakhir.

Untuk kasus data diatas, prosesnya adalah sebagai berikut :

- Penyiar A angka 1 pada baris ke 1 saja, maka penyiar A tidak boleh dipasangkan dengan penyiar B, C, D, dan F.
- Penyiar B angka 1 pada baris ke 3 dan 6, jadi setiap penyiar lainnya dibandingkan dengan 2 baris tersebut. Maka penyiar B tidak boleh dipasangkan dengan penyiar A, C, dan E.
- Penyiar C angka 1 pada baris ke 4 saja, maka penyiar C tidak boleh dipasangkan dengan penyiar A,B, D, dan E.
- Ulangi hingga semua penyiar telah dibandingkan.

Berikut ini adalah hasil graf dari pemodelan representasi data tabel 1 dengan cara yang tadi telah disebutkan. Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 8 – Graf dari Pemodelan Data

Gambar diatas adalah pemodelan graf dari tabel 1. simpul merepresentasikan penyiar radio tersebut. Lalu sisi merepresentasikan hubungan bahwa antara dua simpul tersebut tidak dapat dipasangkan karena tidak ada kesamaan waktu luang.

### 3.2 Pewarnaan Graf

Dalam dunia nyata, batasan-batasan untuk pemilihan jumlah penyiar radio di setiap program acara berbeda-beda tergantung dari kebijakan radio tersebut. Namun secara general kita asumsikan satu penyiar hanya boleh memegang satu buah program acara dan maksimal jumlah penyiar di setiap program acara adalah 2.

Setelah kita mendapatkan graf berdasar data yang

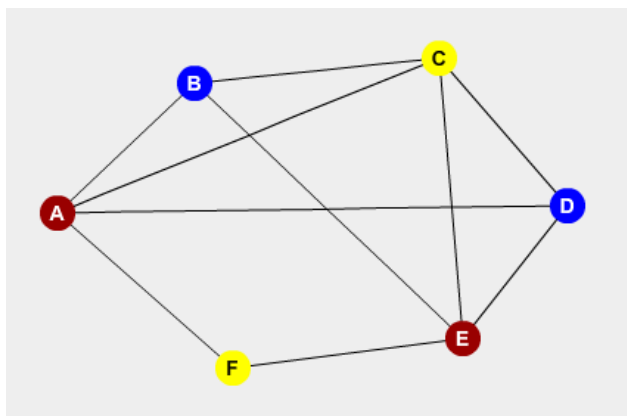
diperoleh, maka kita bisa mulai dengan mewarnai simpul-simpul graf tersebut. Dengan contoh data pada tabel 1, kita dapat memperoleh graf seperti gambar 8. Dari graf tersebut kita akan mencari jadwal *on-air* yang cocok bagi radio tersebut.

Salah satu cara untuk mencari pewarnaan yang tepat bagi graf adalah dengan menggunakan algoritma Welch-Powel. Secara garis besar, cara kerja dari algoritma Welch-Powel dengan mengurutkan semua simpul berdasarkan urutan derajat terbesar ke terkecil, dan memberikan warna pada simpul-simpul didapati data seperti pada tabel dibawah ini.

Urutan	Simpul	Derajat
1	A	4
2	C	4
3	E	4
4	B	3
5	D	3
6	F	2

Tabel 2 : Urutan Derajat dari Graf

Setelah pewarnaan simpul menggunakan algoritma Welch-Powel selesai, didapatkan bahwa bilangan kromatik graf tersebut adalah 3. sehingga kita dapat mengetahui jadwal mana yang pas untuk *on-air* suatu program acara. Berikut adalah gambar graf setelah pewarnaan.



Gambar 9 – Graf yang telah diwarnai dari pemodelan data

Berdasarkan graf diatas, maka kita bisa mengetahui jadwal mana yang dapat diisi oleh penyiar secara *on-air* di radio tersebut. Sehingga kita dapat mengelompokkan berdasarkan warna-warna tersebut. Warna merah diisi oleh A dan E, warna biru diisi oleh B dan D, dan warna kuning diisi oleh C dan F. Dengan demikian kita dapat meninjau lagi dari tabel 1 bahwa, penyiar A dan E dapat kita tempatkan di hari Senin jam 07.00-09.00. Lalu penyiar B dan D dapat kita tempatkan di hari Senin jam 11.00-13.00. Lalu Penyiar C dan F dapat kita tempatkan di hari Selasa jam 14.00-16.00. Dengan demikian kita

dapat mendapatkan jadwal *on-air* siaran radio tersebut menggunakan system ini.

Jika terjadi kasus dimana lebih dari 2 simpul berwarna sama, maka yang harus dilakukan adalah memilih 2 orang yang akan *on-air* di jadwal tersebut. Setelah itu sisanya dibuat tabel kembali, tetapi di dalam tabel yang baru, hapus baris jadwal yang telah disii dan juga hapus kolom penyiar yang telah mengambil jadwal. Lalu buat kembali grafnya dan akan menghasilkan jadwal yang lengkap. Dalam program kita dapat membuat algoritma ini dengan rekursif atau perulangan hingga setiap warna hanya diperbolehkan maksimal 2 warna saja dan setiap penyiar mendapatkan hanya 1 jadwal program acara.

#### IV. KESIMPULAN

Pengaplikasian teori pewarnaan graf salah satunya adalah untuk sistem penjadwalan *on-air* stasiun radio. Selain itu masih banyak lagi pengaplikasian dari graf. Dengan menggunakan teori pewarnaan graf, membuat jadwal akan semakin efisien dan dapat dibuat dengan mudah. Selain itu dengan bantuan graf akan mengurangi kesalahan dari pembuatan jadwal tersebut.

#### REFERENSI

- [8] Munir, Rinaldi, *Matematika Diskrit*, Bandung: Informatika, 2010.
- [9][http://www.academia.edu/6108700/Terminologi\\_Graf\\_dan\\_Beberapa\\_Graf\\_Sederhana\\_Khusus](http://www.academia.edu/6108700/Terminologi_Graf_dan_Beberapa_Graf_Sederhana_Khusus), diakses pada 08 Desember 2016.
- [10]<http://dhukhasyamsy.blogspot.co.id/2013/05/pewarnaan-graf-graph-coloring.html>, diakses pada 09 Desember 2016.

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2016

Muhamad Irfan Maulana - 13515037