

**APLIKASI PEWARNAAN GRAF DALAM
MENGATASI GANGGUAN FREKUENSI PADA
STASIUN RADIO**

(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)

SKRIPSI



ISRAYANTI SAPUTRI N

H011181307

PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

JUNI 2022

**APLIKASI PEWARNAAN GRAF DALAM
MENGATASI GANGGUAN FREKUENSI PADA
STASIUN RADIO**

(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

ISRAYANTI SAPUTRI N

H011 18 1307

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

JUNI 2022

HALAMAN PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul

**Aplikasi Pewarnaan Graf Dalam Mengatasi Gangguan Frekuensi Pada Stasiun Radio
(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)**

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 07 Juni 2022



Israyanti Saputri N
Israyanti Saputri N

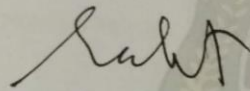
H011181307

APLIKASI PEWARNAAN GRAF DALAM MENGATASI
GANGGUAN FREKUENSI PADA STASIUN RADIO
(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,



Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.
NIP. 19641231 199003 2 007



Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc.
NIP. 19680803 199202 1 001

Pada 07 Juni 2022

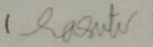
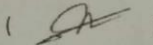

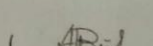
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Israyanti Saputri N
NIM : H011181307
Program Studi : Matematika
Judul Skripsi : Aplikasi Pewarnaan Graf Dalam Mengatasi Gangguan Frekuensi Pada Stasiun Radio (Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

Ketua : Prof. Dr. Hasmawati, M.Si. ()
Sekretaris : Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc. ()
Anggota : Drs. Khaeruddin, M.Sc. ()
Anggota : Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc. ()

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 07 Juni 2022

HALAMAN PENGESAHAN

APLIKASI PEWARNAAN GRAF DALAM MENGATASI GANGGUAN
FREKUENSI PADA STASIUN RADIO
(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)

Disusun dan diajukan oleh:

ISRAYANTI SAPUTRI N

H011181307

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Matematika Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 07 Juni 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,

Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.

NIP. 19641231 199003 2 007

Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc.

NIP. 19680803 199202 1 001

Ketua Program Studi Matematika



Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.

NIP. 197008072000031002

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Aplikasi Pewarnaan Graf Dalam Mengatasi Gangguan Frekuensi Pada Stasiun Radio (Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Departemen Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin dan Ketua Program Studi Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin.
4. Prof. Dr. Hasmawati, M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang juga telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Khaeruddin, M.Sc. selaku dosen penguji dan juga Penasehat Akademik yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini, serta telah memberikan perhatian dan dukungan kepada penulis selama menjalani pendidikan di Program studi Matematika Fakultas MIPA UNHAS.

7. Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak/Ibu dosen Departemen Matematika FMIPA Unhas atas segala ilmu dan pengetahuan yang telah beliau berikan selama perkuliahan.
9. Bapak/Ibu pegawai/staff departemen, fakultas, dan universitas yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
10. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan, doa, nasihat, perhatian serta dukungan material dan moral.
11. Adrian Adhiyaksa yang selalu memberikan semangat, dukungan, perhatian, serta bantuan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
12. Teman-teman Tadika yang telah berjuang bersama selama masa perkuliahan dan selalu memberikan semangat selama penyusunan skripsi ini.
13. Teman-teman MATEMATIKA 2018 dan INTEGRAL 2018 yang telah mendukung dan berjuang bersama selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dan tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Makassar, 07 Juni 2022

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Israyanti Saputri N
NIM : H011181307
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, meyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**APLIKASI PEWARNAAN GRAF DALAM MENGATASI GANGGUAN
FREKUENSI PADA STASIUN RADIO
(Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 07 Juni 2022

Yang menyatakan,



Israyanti Saputri N

ABSTRAK

Radio memanfaatkan prinsip gelombang dan menerima informasi dari pemancar dengan media penghantar udara. Jika suatu kanal frekuensi radio tertentu digunakan oleh beberapa pengguna sekaligus dalam jarak yang dekat maka akan terjadi interferensi gelombang yang akan mengganggu komunikasi melalui frekuensi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah gangguan/interferensi frekuensi radio dengan cara mengoptimalkan penggunaan frekuensi radio menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma baris. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari kantor Balai Monitor Spektrum Frekuensi Radio Kelas I Makassar. Data pada penelitian ini berupa data nama-nama stasiun radio di Sulawesi Selatan, jenis antena yang digunakan setiap stasiun radio, daya pancar antena stasiun radio, konstanta direktivitas stasiun radio, serta garis lintang/garis bujur stasiun radio. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengoptimalan penggunaan frekuensi berdasarkan hasil pewarnaan menggunakan algoritma baris menunjukkan bahwa terdapat bilangan kromatik $k = 44$. Oleh karena itu, berdasarkan 70 data stasiun radio di Sulawesi Selatan saat ini diketahui menggunakan 64 frekuensi, setelah dilakukan pewarnaan titik melalui algoritma baris diperoleh bahwa 44 frekuensi sudah cukup untuk digunakan oleh 70 stasiun radio di Sulawesi Selatan.

Kata kunci : Radio, Frekuensi, Pewarnaan Graf, Algoritma Baris, Bilangan Kromatik, Sulawesi Selatan.

Judul : Aplikasi Pewarnaan Graf Dalam Mengatasi Gangguan Frekuensi Pada Stasiun Radio (Studi Kasus : Stasiun Radio Sulawesi Selatan)
NIM : H011181307
Nama : Israyanti Saputri N
Program Studi : Matematika

ABSTRACT

Radio utilizes the wave principle and receives information from the transmitter by means of the air conducting medium. If a certain radio frequency channel is used by several users at once in a short distance, there will be wave interference that will interfere with communication over that frequency. This study aimed to overcome the problem of radio frequency interference by optimizing the use of radio frequencies using Graph Coloring with a Sequential Color Algorithm. This study used secondary data sourced from the Makassar Class I Radio Frequency Spectrum Monitoring Center office. The data in this study are the names of radio stations in South Sulawesi, the type of antenna used by each radio station, the transmit power of the radio station antenna, the directivity constant of the radio station, and the latitude/longitude of the radio station. The results showed that optimizing the use of frequencies based on the results of graph coloring using the Sequential Color Algorithm showed that there were chromatic numbers $k = 44$. Therefore, based on data from 70 radio stations in South Sulawesi, currently it is known that 64 frequencies are used, after use vertex coloring through Sequential Color Algorithm, it is found that 44 frequencies are sufficient for 70 radio stations in South Sulawesi to use.

Keywords : *Radio, Frequency, Graph Coloring, Sequential Color Algorithm, Chromatic Numbers, South Sulawesi.*

Title : *Applications of Graph Coloring in Overcoming Frequency Interference at Radio Stations (Case Study: Radio Stations in South Sulawesi)*

Name : Israyanti Saputri N

Student ID : H011181307

Study Program : *Math*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Graf	4
2.2 Pewarnaan Graf.....	7
2.3 Algoritma Baris.....	8
2.4 Jarak Minimum Pemancar Radio agar Tidak Terjadi Interferensi.....	10
2.5 Interferensi dan Medan Listrik.....	11
2.6 Contoh Kasus Aplikasi Pewarnaan Graf.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Jenis Penelitian.....	16
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	16
3.3 Alur Kerja Penelitian.....	17
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	18
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36

5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Beberapa Contoh Gambar Graf5

Gambar 2.1.2 Contoh Titik-Titik dan Sisi-Sisi yang Bertetangga6

Gambar 2.1.3 Graf Lengkap K_4 dan K_5 6

Gambar 2.1.4 Graf Sederhana L Berorde Lima7

Gambar 2.3.1 Graf G Berorde Tujuh9

Gambar 2.3.2 Hasil Pewarnaan Graf G Menggunakan Algoritma Baris Contoh
Studi Kasus Provinsi D.I.Y10

Gambar 2.6.1 Representasi Graf Berbasis Interferensi Gelombang Contoh Studi
Kasus Provinsi D.I.Y13

Gambar 2.6.2 Hasil Pewarnaan Graf Contoh Studi Kasus Provinsi D.I.Y15

DAFTAR TABEL

Tabel 2.6.1 Kuat Medan Listrik Antar Stasiun Radio di D.I.Yogyakarta.....	12
Tabel 4.1 Daftar Stasiun Radio di Sulawesi Selatan.....	18
Tabel 4.2 Data 70 Stasiun Radio di Sulawesi Selatan	21
Tabel 4.3 Data ERP dan Jangkauan Stasiun Radio Sulawesi Selatan.....	24
Tabel 4.4 Hasil Pewarnaan Titik Menggunakan Algoritma Baris	30
Tabel 4.5 Pembagian Frekuensi Berdasarkan Hasil Pewarnaan Titik	31
Tabel 4.6 Stasiun Radio yang Memiliki Frekuensi Berbeda Secara Real tetapi Memiliki Warna yang Sama Berdasarkan Hasil Pewarnaan.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Jarak Antara Dua Stasiun Radio di Sulawesi Selatan.....	38
Lampiran 2 : Tabel Kuat Medan Listrik Dua Sebarang Stasiun Radio di Sulawesi Selatan.....	69
Lampiran 3 : Peta Lokasi Penyebaran Stasiun Radio Sulawesi Selatan	98
Lampiran 4 : Representasi Graf Berbasis Interferensi Gelombang	99
Lampiran 5 : Representasi Graf Dalam Bentuk Tabel	100
Lampiran 6 : Langkah-Langkah Pewarnaan 70 Titik Menggunakan Algoritma Baris Secara Manual	106
Lampiran 7 : Script Pewarnaan Titik Menggunakan Algoritma Baris Melalui Program Matlab R2013a	122
Lampiran 8 : Hasil Pewarnaan Menggunakan Algoritma Baris Melalui Program Matlab R2013a	123
Lampiran 9 : Model Graf Hasil Pewarnaan Menggunakan Algoritma Baris.....	125

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan informasi terus meningkat dan teknologi terus-menerus mengalami perkembangan untuk menyediakan dan memudahkan manusia untuk memenuhi kebutuhan informasi yang diinginkannya. Salah satu media komunikasi yang mudah dan sering digunakan oleh manusia adalah radio.

Radio memanfaatkan prinsip gelombang dan menerima informasi dari pemancar dengan media penghantar udara. Informasi dibawa oleh gelombang-gelombang beradiasi dan ketika melewati konduktor elektrik, akan menghasilkan arus yang dapat diubah menjadi suara atau bentuk sinyal lain (Siahaan, 2010).

Di bumi ini terdapat berbagai gelombang elektromagnetik yang bisa digunakan untuk berbagai keperluan komunikasi. Jika setiap orang bisa menggunakannya tanpa aturan, maka akan terjadi kekacauan antara pengguna frekuensi yang satu dan pengguna yang lain. Jika suatu kanal frekuensi radio tertentu digunakan oleh beberapa pengguna sekaligus dalam jarak yang dekat maka akan terjadi interferensi gelombang yang akan mengganggu komunikasi melalui frekuensi tersebut (Priyono, 2010).

Gangguan gelombang transmisi radio kerap kali menyebabkan suara menjadi tidak jelas sehingga membuat masyarakat khususnya penggemar media radio menjadi tidak nyaman. Gangguan gelombang atau sering disebut interferensi terjadi akibat dua gelombang atau lebih yang saling berpadu atau bersuposisi sehingga menghasilkan pola interferensi maksimum dan minimum.

Dengan bertambahnya penggunaan telepon seluler, gelombang wifi, dan berbagai aplikasi lain terhadap gelombang serta terbatasnya jumlah frekuensi yang tersedia tentunya menambah deretan persolan yang perlu ditangani untuk menjaga stabilitas komunikasi. Karena semakin banyak pengguna yang memanfaatkan frekuensi gelombang radio ini maka perlu adanya regulasi atau pengaturan agar tidak terjadi interferensi antara radio satu dengan yang lain (Mussafi, 2013).

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik melakukan penelitian mengenai masalah gangguan frekuensi radio menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma baris dengan judul, “Aplikasi Pewarnaan Graf dalam Mengatasi Gangguan Frekuensi pada Stasiun Radio”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara penggunaan algoritma baris pada pewarnaan graf dalam mengatasi gangguan frekuensi pada stasiun radio di Sulawesi Selatan ?
2. Bagaimana optimalisasi frekuensi radio agar tidak terjadi interferensi pada stasiun radio di Sulawesi Selatan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara penggunaan algoritma baris pada pewarnaan graf dalam mengatasi gangguan frekuensi pada stasiun radio di Sulawesi Selatan.
2. Mengetahui optimalisasi frekuensi radio agar tidak terjadi interferensi pada stasiun radio yang memiliki frekuensi yang sama.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengembangkan pengetahuan mengenai aplikasi pewarnaan graf dengan menggunakan algoritma baris dalam mengatasi masalah frekuensi radio.
2. Dapat memperoleh informasi mengenai pengoptimalan frekuensi radio agar tidak terjadi interferensi antar stasiun radio.
3. Dapat digunakan sebagai bahan kepustakaan yang dijadikan sarana pengembangan wawasan keilmuan, khususnya di Program Studi Matematika, Universitas Hasanuddin.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data-data stasiun radio di Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Pewarnaan graf menggunakan algoritma baris untuk mengatasi gangguan frekuensi pada stasiun radio di Sulawesi Selatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pewarnaan graf banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang bisa dimodelkan oleh graf. Salah satu masalah yang bisa diselesaikan dengan metode pewarnaan graf adalah penggunaan frekuensi radio. Pewarnaan graf dapat mengatur pengguna suatu frekuensi yang sama tanpa adanya gangguan frekuensi akibat konflik frekuensi antarpengguna. Sehingga didapatkan penggunaan kanal frekuensi sesedikit mungkin tanpa adanya konflik frekuensi (Priyono, 2010).

Aplikasi pewarnaan graf dalam mengatasi masalah frekuensi radio diperlukan beberapa teori agar dapat menyelesaikan masalah tersebut. Adapun teori yang dimaksud ialah Teori Graf, Pewarnaan Graf, Algoritma Pewarnaan Graf, serta Interferensi dan Medan Listrik antar dua stasiun radio.

2.1 Graf

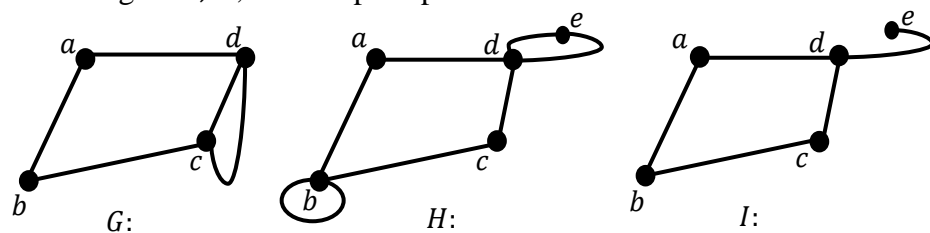
Definisi 2.1.1 (Definisi graf secara umum) Graf adalah pasangan himpunan (V, E) , dengan V adalah himpunan diskrit yang anggota-anggotanya disebut titik dan E adalah himpunan dari pasangan anggota-anggota V yang disebut sisi.

Sesuai dengan pengertian graf pada Definisi 2.1.1, himpunan V disebut himpunan titik (*vertex set*) dan E disebut himpunan sisi (*edge set*). Jika graf (V, E) dinotasikan dengan G atau $G = (V, E)$, maka $V = V(G)$ dan $E = E(G)$, sehingga graf $G = (V(G), E(G))$. Secara Matematika, Definisi 2.1.1 dapat ditulis sebagai berikut: **Graf** $G = (V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{u: u \text{ disebut titik}\}$ dan $E(G) = \{(u, v): u, v \in V(G)\}$, dengan (u, v) disebut sisi, rusuk atau garis. Pada pembahasan selanjutnya, sisi (u, v) hanya ditulis uv .

Pasangan $uv = x \in E(G)$ ialah suatu sisi pada graf G yang bisa saja $u = v$, $uv = vu$, atau $uv \neq vu$ akibatnya sangat mungkin anggota dari $E(G)$ terdiri atas beberapa anggota yang simbolnya sama, misalnya $x_1 = uv$, $x_2 = uv$, dan seterusnya, tetapi $x_1 \neq x_2$. Sisi x_1 dan x_2 yang demikian disebut sisi-sisi yang paralel. Selanjutnya, himpunan $V(G)$ atau $E(G)$ bisa tak berhingga. Sisi x disebut *loop* jika $u = v$. Jika himpunan $V(G)$ atau himpunan $E(G)$ merupakan himpunan tak berhingga, maka graf G disebut graf tak berhingga. Jika sisi-sisi $uv \neq vu$ dan

masing-masing diberi arah berbentuk tanda panah, maka graf G disebut graf berarah (*Digraph*). **Orde** (*order*) dari graf G dinyatakan dengan simbol p yakni banyaknya anggota dari $V(G)$ dan **ukuran** (*size*) dari G dinyatakan dengan simbol q yakni banyaknya anggota dari $E(G)$. **Kardinalitas** suatu himpunan ialah banyaknya anggota pada himpunan tersebut. Kardinalitas biasanya dinyatakan oleh simbol " $| \quad |$ ". Jadi apabila $p(G)$ adalah orde graf G dan $q(G)$ adalah ukurannya, maka $p(G) = |V(G)|$ dan $q(G) = |E(G)|$. Suatu graf G disebut graf trivial jika $q(G) = 0$ atau $E(G) = \emptyset$.

Contoh : Diberikan graf G, H , dan I seperti pada Gambar 2.1.1.



Gambar 2.1.1: Beberapa Contoh Gambar Graf

Himpunan titik $V(G), V(H)$, dan $V(I)$ dan himpunan sisi $E(G), E(H)$, dan $E(I)$ berturut-turut adalah $V(G) = \{a, b, c, d\}$, $V(H) = V(I) = \{a, b, c, d, e\}$ dan himpunan sisi-sisinya berturut-turut $E(G) = \{ab, bc, cd, dc, da\}$, $E(H) = \{ab, bb, bc, cd, da, de, ed\}$, dan $E(I) = \{ab, bc, cd, da, de\}$.

Definisi 2.1.2 (Definisi graf sederhana) Graf sederhana G adalah pasangan $(V(G), E(G))$, dimana $V(G)$ adalah himpunan diskrit berhingga dan tidak kosong, yang anggotanya disebut titik (*vertex*), dan $E(G)$ adalah himpunan pasangan-pasangan tak terurut dan berbeda dari anggota-anggota $V(G)$ yang disebut sisi (*edge*).

Pada Gambar 2.1.1, dapat dilihat bahwa $V(I)$ tidak kosong dan berhingga serta untuk setiap uv di $E(I)$, $uv = vu$ dan $u \neq v$. Jadi graf I adalah salah satu contoh graf sederhana yang berorde 5 dan berukuran 5.

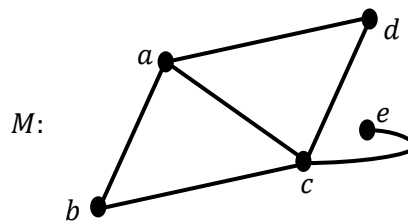
Suatu graf G dengan p titik disebut graf berlabel **orde** p , jika masing-masing titiknya mempunyai label (nama) yang berlainan, misalnya $v_1, v_2, v_3, \dots, v_p$ atau diberi suatu bilangan bulat positif yang berbeda dari himpunan $\{1, 2, 3, \dots, p\}$. Oleh karena itu, agar dapat memperjelas uraian tentang graf, hubungan antara dua titik, antara dua sisi, serta antara titik dan sisi diberi nama tertentu. Hubungan-hubungan itu dituliskan dalam definisi berikut.

Definisi 2.1.3 Misalkan G adalah suatu graf dan $v_i, v_j \in V(G)$ serta $x \in E(G)$.

Jika $x = v_i v_j$, maka dikatakan bahwa :

1. Titik v_i **bertetangga** (*adjacent*) dengan titik v_j .
2. Sisi x **terkait** (*incident*) dengan titik v_i , demikian pula untuk titik v_j .

Misalkan x_1, x_2 , dan x_3 ialah sisi dari suatu graf G dan v ialah titik graf G . Jika x_1, x_2 , dan x_3 terkait dengan titik v , maka sisi x_1, x_2 , dan x_3 dikatakan **bertetangga**. Pada Gambar 2.1.2, titik c bertetangga dengan titik a, b, d dan e . Tetapi titik e tidak bertetangga dengan titik a, b , dan d . Sisi ce tidak bertetangga dengan sisi ab dan ad , tetapi sisi ce bertetangga dengan sisi ac, bc , dan cd . Sisi ce terkait dengan titik c dan titik e .



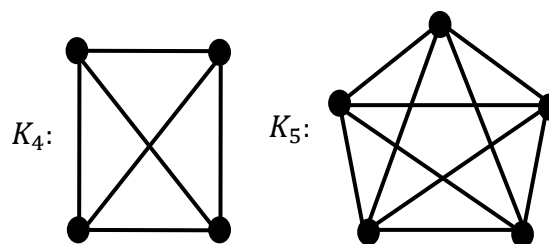
Gambar 2.1.2: Contoh Titik-Titik dan Sisi-Sisi yang Bertetangga

Himpunan tetangga suatu titik v pada graf G dinotasikan dengan $N_G(v)$ yang didefinisikan sebagai berikut:

$$N_G(v) = \{u | uv \in E(G)\}$$

Pada Gambar 2.1.2, $N_M(a) = \{b, c, d\}$, $N_M(b) = \{a, c\}$, $N_M(c) = \{a, b, d, e\}$, $N_M(d) = \{a, c\}$ dan $N_M(e) = \{c\}$.

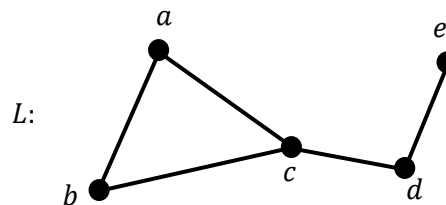
Jika setiap dua titik pada suatu graf bertetangga, maka graf tersebut dikatakan **graf lengkap** (*complete graph*). Graf lengkap yang memiliki n titik dinotasikan K_n . Contoh graf lengkap dengan 4 titik dan 5 titik dapat dilihat pada Gambar 2.1.3.



Gambar 2.1.3: Graf Lengkap K_4 dan K_5

Derajat suatu graf akan diketahui apabila derajat setiap titik pada graf tersebut diketahui. **Derajat** suatu titik v_i dalam graf G , dilambangkan " $d(v_i)$ ", adalah banyaknya sisi $x \in E(G)$ yang terkait dengan titik v_i atau $d(v_i) = |N_G(v_i)|$ (Hasmawati, 2020).

Contoh: Graf L pada Gambar 2.1.4 berikut memiliki $d(a) = d(b) = d(d) = 2$, $d(c) = 3$, $d(e) = 1$.



Gambar 2.1.4: Graf Sederhana L Berorde Lima

2.2 Pewarnaan Graf

Definisi pewarnaan graf adalah pemberian warna yang biasanya direpresentasikan sebagai bilangan terurut mulai dari 1 atau dapat juga direpresentasikan langsung dengan menggunakan warna merah, biru, hijau, dan lain-lain pada objek tertentu pada suatu graf. Objek tersebut dapat berupa titik, sisi, wilayah ataupun kombinasi ketiganya. Pewarnaan graf merupakan salah satu model yang sering digunakan pada teori graf, seperti dalam mencari solusi pada masalah frekuensi radio, jadwal pelajaran, lampu lalu lintas, dan masih banyak lagi. Adapun pewarnaan graf dibagi menjadi tiga macam, yaitu (Jusuf, 2009):

- Pewarnaan titik (*vertex colouring*), yaitu pemberian warna atau label pada setiap titik sehingga tidak ada dua titik bertetangga memiliki warna yang sama.
- Pewarnaan sisi (*edge colouring*), yaitu pemberian warna pada setiap sisi pada graf sehingga sisi-sisi yang bertetangga memiliki warna yang berbeda.
- Pewarnaan wilayah (*region colouring*), yaitu pemberian warna pada setiap wilayah pada graf sehingga setiap dua wilayah yang bersebelahan memiliki warna yang berbeda.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pewarnaan titik dalam mengatasi masalah frekuensi pada stasiun radio. Pewarnaan titik graf yaitu mewarnai setiap titik yang ada dalam graf sedemikian sehingga setiap dua titik yang bertetangga

memiliki warna yang berbeda (Noor, 2012). Jika graf G mempunyai pewarnaan- k , maka graf G dikatakan dapat diwarnai dengan k warna (Mussafi, 2013).

Dalam persoalan pewarnaan graf yang ingin dituju tidak hanya sekedar mewarnai titik-titik dengan warna berbeda dari warna titik tetangganya saja, namun diinginkan jumlah jenis warna yang digunakan sesedikit mungkin (Munir, 2008).

Bilangan kromatik (*chromatic number*) adalah k bilangan terkecil sehingga graf G dapat diwarnai dengan k warna. Bilangan kromatik dari graf G , dinyatakan dengan $\chi(G)$. Warna-warna yang digunakan untuk mewarnai dapat dinyatakan dengan bilangan $1, 2, 3, \dots, k$. Jelas bahwa $\chi(G) \leq |V(G)|$ (Mussafi, 2013).

2.3 Algoritma Baris

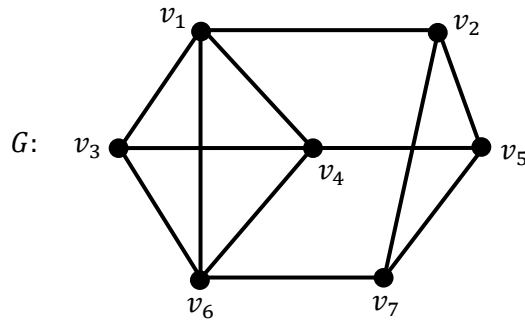
Algoritma Baris adalah salah satu langkah yang dapat digunakan dalam pewarnaan graf. Algoritma baris biasa juga disebut Algoritma Pewarnaan Berurutan (*Sequential Color Algorithm*) yang digunakan untuk mewarnai sebuah graf dengan k warna, dimana k adalah bilangan integer positif.

Algoritma baris dilakukan berdasarkan urutan titik pada suatu graf dan urutan titik pertama yang akan diwarnai bisa dipilih secara bebas. Misalkan $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ adalah himpunan titik pada graf G . Langkah pertama dipilih salah satu titik sebagai titik pertama yang akan diberi warna, biasanya diawali dari titik v_1 (parameter $i = 1$).

Adapun langkah-langkah algoritma baris yaitu sebagai berikut (Meilani, 2016).

1. Langkah ini untuk mengawali parameter i , digunakan untuk mewarnai titik v_i , dengan $i = 1$.
2. Langkah ini untuk mengawali warna c , digunakan untuk memberi warna pada titik v_i , dengan $c = 1$.
3. a. Susun titik yang bertetangga dengan v_i dengan urutan indeks naik. Beri nama susunan ini L_i . Identifikasi warna titik yang ada pada L_i .
 b. Jika dalam L_i tidak muncul titik yang berwarna c , maka warnai titik v_i dengan c kemudian dilanjutkan ke langkah 5. Jika dalam L_i muncul titik yang berwarna c maka dilanjutkan ke langkah 4.

4. Warna c dinaikkan/ditambahkan, sehingga $c = c + 1$ dan kembali ke langkah 3.b.
5. (Parameter i dinaikkan) Jika $i < n$, maka $i = i + 1$ kemudian kembali ke langkah 3.a, jika tidak maka berhenti.

Gambar 2.3.1: Graf G Berorde Tujuh

Contoh penggunaan algoritma baris untuk mewarnai graf G yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.1.

1. Pilih titik v_1
Warnai titik v_1 dengan warna $c = 1$.
 $L_1 = \{v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\} = v_1$ berwarna 1.
2. Pilih titik v_2
 $L_2 = \{v_1, v_5, v_7\}$, karena dalam L_2 muncul v_1 berwarna 1 maka $c = c + 1 = 1 + 1 = 2$ sehingga v_2 berwarna 2.
3. Pilih titik v_3
 $L_3 = \{v_1, v_4, v_6\}$, karena dalam L_3 muncul v_1 berwarna 1 maka $c = c + 1 = 1 + 1 = 2$ sehingga v_3 berwarna 2.
4. Pilih titik v_4
 $L_4 = \{v_1, v_3, v_5, v_6\}$, karena dalam L_4 muncul v_1 berwarna 1 dan v_3 berwarna 2 maka $c = c + 1 = 2 + 1 = 3$ sehingga v_4 berwarna 3.
5. Pilih titik v_5
 $L_5 = \{v_2, v_4, v_7\}$, karena dalam L_5 muncul v_2 berwarna 2, v_4 berwarna 3 dan dalam L_5 tidak muncul titik berwarna 1 maka warna titik kembali ke $c = 1$ sehingga v_5 berwarna 1.

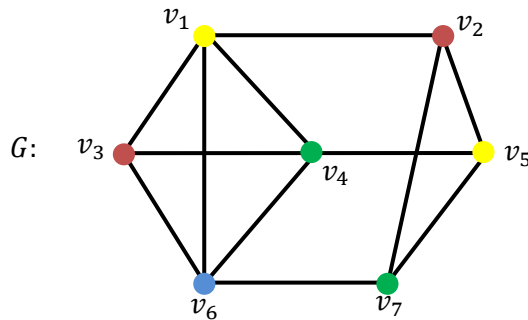
6. Pilih titik v_6

$L_6 = \{v_1, v_3, v_4, v_7\}$, karena dalam L_6 muncul v_1 berwarna 1, v_3 berwarna 2 dan v_4 berwarna 3 maka $c = c + 1 = 3 + 1 = 4$ sehingga v_6 berwarna 4.

7. Pilih titik v_7

$L_7 = \{v_2, v_5, v_6\}$, karena dalam L_7 muncul v_2 berwarna 2, v_5 berwarna 1, v_6 berwarna 4 dan dalam L_7 tidak muncul titik berwarna 3 maka warna titik kembali ke $c = 3$ sehingga v_7 berwarna 3.

Jadi dengan menggunakan Algoritma Baris warna yang diperlukan untuk mewarnai graf pada Gambar 2.3.1 adalah 4 warna, sehingga $\chi(G) = 4$. Jika diasumsikan warna 1 = Kuning, warna 2 = Merah, warna 3 = Hijau, dan warna 4 = Biru, maka hasil pewarnaan graf G dengan menggunakan algoritma baris yaitu :



Gambar 2.3.2: Hasil Pewarnaan Graf G Menggunakan Algoritma Baris Contoh Studi Kasus Provinsi D.I.Y

2.4 Jarak Minimum Pemancar Radio agar Tidak Terjadi Interferensi

Frekuensi yang dipancarkan oleh suatu pemancar memiliki jangkauan tertentu agar masih bisa diterima oleh radio penerima. Jangkauan pancaran ini dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya (Priyono, 2010) :

- Daya pancar Effective Radiated Power (ERP).
- Lebar pita frekuensi yang diizinkan.
- Penggunaan frekuensi pada suatu lokasi.
- Ketinggian antenna.

Karakteristik dari bumi adalah kontur datarannya yang melengkung. Untuk dapat menjangkau jarak pancaran yang lebih jauh, maka antenna harus setinggi mungkin dari permukaan bumi. Untuk suatu pemancar dengan ketinggian antenna **30 meter dengan daya pancar 100 Watt (ERP), maka akan didapatkan jarak**

pancar sekitar 6 km. Jika kita ingin mengatur penggunaan frekuensi agar pengguna frekuensi tidak saling mengganggu pengguna yang lainnya, maka hal-hal di atas adalah yang harus diperhatikan dan disesuaikan (Priyono, 2010).

2.5 Interferensi dan Medan Listrik

Gelombang elektromagnetik sebagai suatu gelombang yang dapat merambat tanpa medium terjadi akibat interaksi antara medan magnet dan medan listrik. Gelombang radio merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik pada spektrum frekuensi radio dengan panjang gelombang lebih dari 10^{-3} meter dan berada pada daerah MHz.

Interferensi antara dua gelombang atau lebih disebabkan salah satunya oleh kuat medan listrik pada suatu titik. Menurut **J.H. Kraus (1994)**, interferensi terjadi jika kuat medan listrik $E > 3,5 N/C$. Kuat medan listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu daya pancar antenna (W_t) dalam satuan *watt*, konstanta direktivitas (D), dan jarak antara dua titik (d) dalam satuan *meter* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{30 \times W_t \times D}{d} \quad (1)$$

Untuk menghitung jarak antara dua titik pada rumus (1), digunakan *Latitude/Longitude Distance Calculator* pada *Website Meridian Outpost* dengan memasukkan data Garis Lintang dan Garis Bujur dua stasiun radio yang akan dihitung jaraknya.

2.6 Contoh Kasus Aplikasi Pewarnaan Graf

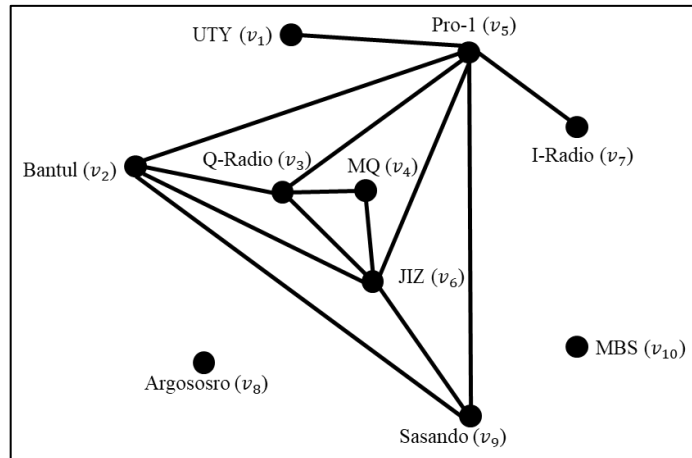
Berikut disajikan contoh kasus aplikasi pewarnaan graf dalam mengatasi masalah frekuensi pada stasiun radio. Di bawah ini terdapat data mengenai kuat medan listrik antara dua sebarang stasiun radio di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan mengambil data sampel 10 stasiun radio secara acak yang dikutip dari tulisan Mussafi (2013).

Tabel 2.6.1 Kuat Medan Listrik Dua Sebarang Stasiun Radio di D.I.Yogyakarta
(dalam satuan N/C atau V/M)

Nama Radio	UTY	Bantul	Q - Radio	MQ	Pro-1	Jiz	I - Radio	Argo-sosro	Sasando	MBS
UTY	0	2,331	2,879	2,523	6,257	2,601	1,334	1,063	2,320	1,656
Bantul	2,331	0	3,646	2,744	17,081	3,537	1,506	3,210	10,293	3,055
Q - Radio	2,879	3,646	0	5,540	12,130	4,189	1,373	1,644	3,190	2,254
MQ	2,523	2,744	5,540	0	3,162	3,672	1,179	1,476	2,731	2,105
Pro-1	6,257	17,081	12,13	3,162	0	19,678	4,017	2,334	17,115	2,714
Jiz	2,601	3,537	4,189	3,672	19,678	0	1,071	1,982	4,160	2,508
I - Radio	1,334	1,506	1,373	1,179	4,017	1,071	0	0,810	1,331	1,539
Argo-sosro	1,063	3,210	1,644	1,476	2,334	1,982	0,810	0	3,343	2,074
Sasando	2,320	10,293	3,190	2,731	17,115	4,160	1,331	3,343	0	3,085
MBS	1,656	3,055	2,254	2,105	2,714	2,508	1,539	2,074	3,085	0

Setelah diperoleh data mengenai kuat medan listrik antara dua sebarang stasiun radio, langkah selanjutnya yaitu mentransformasi stasiun radio beserta garis yang terhubung ke dalam graf. Titik dalam graf menyatakan suatu stasiun radio dengan frekuensi tertentu, sedangkan sisi menyatakan dua stasiun radio yang saling terinterferensi, sehingga dua titik dapat dikatakan bertetangga jika kedua stasiun radio saling terinterferensi.

Data pada Tabel 2.6.1 menunjukkan kuat medan listrik antara satu stasiun radio dengan stasiun lainnya. Dua sebarang stasiun radio dikatakan saling terinterferensi jika nilai kuat medan listriknya $> 3,5 N/C$. Dengan kata lain, untuk setiap kuat medan listrik $< 3,5 N/C$, maka tidak ada garis yang menghubungkan antara pasangan stasiun radio, sebagai contoh stasiun Sasando dan I-Radio memiliki nilai $E = 1,331 N/C$. Sehingga berdasarkan data pada Tabel 2.6.1, dapat dibuat representasi grafnya yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.1 sebagai berikut.



Gambar 2.6.1 Representasi Graf Berbasis Interferensi Gelombang Contoh Studi Kasus D.I.Y

Selanjutnya, pewarnaan titik dilakukan dengan menggunakan Algoritma Baris berdasarkan graf pada Gambar 2.6.1, langkah-langkah Algoritma Baris sebagai berikut:

Terlebih dahulu diasumsikan :

$v_1 = \text{UTY}$	$v_6 = \text{JIZ}$
$v_2 = \text{Bantul}$	$v_7 = \text{I-Radio}$
$v_3 = \text{Q-Radio}$	$v_8 = \text{Argososro}$
$v_4 = \text{MQ}$	$v_9 = \text{Sasando}$
$v_5 = \text{Pro-1}$	$v_{10} = \text{MBS}$

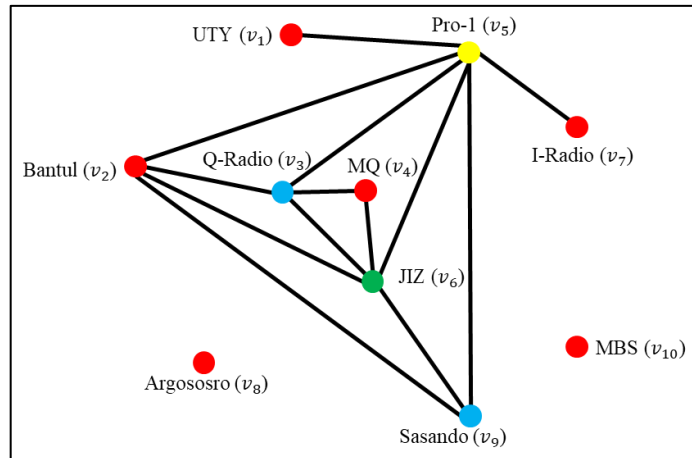
Langkah selanjutnya :

1. Pilih titik v_1 (stasiun radio UTY)
Warnai titik v_1 dengan warna $c = \text{warna } 1$
 $L_1 = \{v_1\} = v_1$ berwarna 1.
2. Pilih titik v_2 (stasiun radio Bantul)
 $L_2 = \{v_3, v_5, v_6, v_9\}$, karena dalam L_2 tidak muncul warna $c = 1$ maka warnai titik v_2 dengan $c = 1$ sehingga v_2 berwarna 1.
3. Pilih titik v_3 (stasiun radio Q-Radio)
 $L_3 = \{v_2, v_4, v_5, v_6, \}$, karena dalam L_3 muncul v_2 berwarna 1 maka $c = c + 1 = 1 + 1 = 2$ sehingga v_3 berwarna 2.
4. Pilih titik v_4 (stasiun radio MQ)

- $L_4 = \{v_3, v_6\}$, karena dalam L_4 muncul v_3 berwarna 2 maka warna titik kembali ke $c = 1$ sehingga v_4 berwarna 1.
5. Pilih titik v_5 (stasiun radio Pro-1)
 $L_5 = \{v_1, v_2, v_3, v_6, v_7, v_9\}$, karena dalam L_5 muncul v_1 berwarna 1, v_2 berwarna 1, v_3 berwarna 2 maka $c = c + 1 = 2 + 1 = 3$ sehingga v_5 berwarna 3.
6. Pilih titik v_6 (stasiun radio JIZ)
 $L_6 = \{v_2, v_3, v_4, v_5, v_9\}$, karena dalam L_6 muncul v_2 berwarna 1, v_3 berwarna 2, v_4 berwarna 1, v_5 berwarna 3 maka $c = c + 1 = 3 + 1 = 4$ sehingga v_6 berwarna 4.
7. Pilih titik v_7 (stasiun radio I-Radio)
 $L_7 = \{v_5\}$, karena dalam L_7 muncul v_5 berwarna 3 maka warna titik kembali ke $c = 1$ sehingga v_7 berwarna 1.
8. Pilih titik v_8 (stasiun radio Argososo)
 $L_8 = \{ \}$, karena dalam L_8 tidak muncul $c = 1$ maka warnai titik v_8 dengan $c = 1$ sehingga v_8 berwarna 1.
9. Pilih titik v_9 (stasiun radio Sasando)
 $L_9 = \{v_2, v_5, v_6\}$, karena dalam L_9 muncul v_2 berwarna 1, v_5 berwarna 3, v_6 berwarna 4 maka warna titik kembali ke $c = 2$ sehingga v_9 berwarna 2.
10. Pilih titik v_{10} (stasiun radio MBS)
 $L_{10} = \{ \}$, karena dalam L_{10} tidak muncul $c = 1$ maka warnai titik v_{10} dengan $c = 1$ sehingga v_{10} berwarna 1.

Jika diasumsikan :

Warna 1 = Merah, warna 2 = Biru, warna 3 = Hijau, warna 4 = Kuning,
 maka diperoleh hasil pewarnaan graf dengan menggunakan Algoritma Baris sebagai berikut:



Gambar 2.6.2. Hasil Pewarnaan Graf Contoh Studi Kasus D.I.Y

Penentuan alternatif solusi unit frekuensi yang tersaji dalam graf berwarna pada Gambar 2.6.2 menunjukkan bahwa bilangan kromatik $k = 4$, sehingga 10 stasiun radio tersebut dapat dibagi ke dalam empat kanal yaitu: **Merah** (UTY, Bantul, MQ, I-Radio, Argososro dan MBS), **Biru** (Q-Radio dan Sasando), **Hijau** (JIZ), dan **Kuning** (Pro-1).

Berdasarkan penggunaan Algoritma Baris maka ilustrasi warna pada graf tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.2, dengan bilangan kromatik $k = 4$. Terlihat bahwa titik **UTY**, **Bantul**, **MQ**, **I-Radio**, **Argososro** dan **MBS** memiliki warna yang sama yaitu berwarna merah, sehingga Pemancar UTY, Bantul, MQ, I-Radio, Argososro dan MBS diharapkan akan memiliki frekuensi yang sama, karena meskipun frekuensinya sama, tidak akan mengganggu siaran keenam pemancar tersebut, karena keenamnya tidak bertetangga (tidak berada dalam jangkauan satu sama lain). Selain itu, stasiun radio yang diharapkan memiliki frekuensi yang sama adalah **Q-Radio** dan **Sasando** karena titiknya memiliki warna yang sama yaitu berwarna biru. Selanjutnya, hanya stasiun radio **JIZ** yang memiliki titik berwarna hijau dan hanya stasiun radio **Pro-1** memiliki titik berwarna kuning. Sehingga stasiun radio JIZ memiliki frekuensi yang berbeda dari kesembilan radio tersebut, begitupun dengan stasiun radio Pro-1.