

Aplikasi Pewarnaan Graf dalam Pengalokasian Frekuensi Gelombang pada WLAN

Evita Chandra (13514034)
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
evita.chandra@s.itb.ac.id

Abstract— Saat ini, tidak ada mekanisme standard yang dibutuhkan dalam pengalokasian frekuensi pada WLAN. Oleh karena itu, pada makalah ini akan dijelaskan bagaimana pemodelan pengaturan pengalokasian frekuensi radio pada akses poin WLAN agar tidak terjadi interferensi antar pengguna dengan menggunakan metode Pewarnaan Graf. Selain itu, dengan pewarnaan graf diharapkan pula dapat meminimalkan penggunaan kanal tanpa adanya konflik frekuensi.

Kata kunci— pewarnaan graf, alokasi, frekuensi, WLAN, interferensi, T-Coloring

I. PENDAHULUAN

Saat ini, inovasi dalam teknologi telekomunikasi berkembang sangat pesat, terutama dalam pengembangan jaringan WLAN (*Wireless Local Area Network*). Oleh karena kemudahannya dan mobilitasnya yang tinggi, jumlah penggunaan *hotspot-hotspot* umum dan tempat – tempat yang menyediakan Wi-Fi pun kian meningkat. Akan tetapi, teknologi ini mempunyai kelemahan yang cukup mendasar, yaitu kemungkinan terjadinya interferensi antar *access point* apabila digunakan oleh pengguna yang cukup banyak. Interferensi mengakibatkan fasilitas WLAN akan mengalami gangguan. Hal tersebut dikarenakan teknologi ini menggunakan pancaran gelombang radio sebagai pemancar sinyalnya.

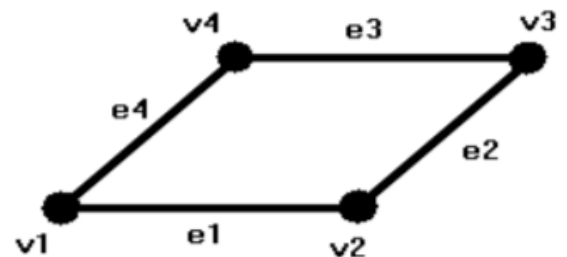
Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, digunakanlah pewarnaan pada graf dengan memisalkan sistem WLAN yang ada pada suatu daerah dapat kita modelkan ke dalam suatu graf $G = (V, E)$. Himpunan titik (V) menyatakan titik terdapatnya *access point*, sedangkan himpunan sisi (E) menyatakan irisan dari gelombang yang dipancarkan oleh dua *access point* atau lebih. Dengan menggunakan pewarnaan titik pada graf tersebut, masalah interferensi gelombang antara satu *access point* dengan *access point* lainnya dapat diselesaikan.

II. LANDASAN TEORI

Masalah interferensi gelombang frekuensi suatu radio dapat dimodelkan dengan pewarnaan graf. Agar lebih mudah memahami permasalahan dan solusi yang ada dalam makalah ini, berikut akan dijelaskan teori-teori yang digunakan.

2.1. Definisi Graf

Graf terdiri dari himpunan tidak kosong dari simpul-simpul dan himpunan sisi (boleh kosong) yang menghubungkan simpul-simpul. Himpunan titik dari graf G dinotasikan V dan himpunan sisi dinotasikan E . Graf G biasa dinotasikan $G = (V, E)$.



Gambar 1.1

Gambar 1 merupakan sebuah contoh graf $G = (V, E)$ di mana $V = (v1, v2, v3, v4)$ dan $E = (e1, e2, e3, e4)$.

Istilah-istilah berikut akan digunakan dalam pembahasan penerapan graf dalam makalah ini:

a. Bertetangga (*Adjacent*)

Dua buah simpul pada graf tak-berarah G dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi. Dengan kata lain, v_i bertetangga dengan v_k jika (v_i, v_k) adalah sebuah sisi pada graf G .

b. Bersisian (*Incident*)

Untuk sembarang sisi $e = (v_i, v_k)$, sisi e dikatakan bersisian dengan simpul v_i dan simpul v_k .

c. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

Simpul terpencil adalah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya. Atau dapat juga dinyatakan bahwa simpul terpencil adalah simpul yang tidak satupun bertetangga dengan simpul-simpul lainnya.

d. Graf Kosong (*Empty Graph* atau *Null Graph*)

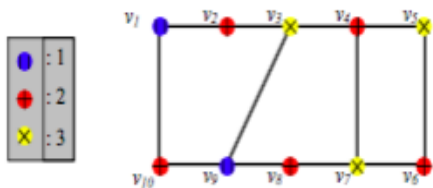
Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong disebut graf kosong dan ditulis sebagai N_n , yang dalam hal ini n adalah jumlah simpul.

2.2. Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf adalah pemberian warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian rupa sehingga tidak ada dua simpul bertetangga mempunyai warna yang sama

Jika $f(V) \subseteq \{1, 2, \dots, k\}$, maka f disebut sebagai pewarnaan- k . Sebuah graf G dinamakan k -colorable jika terdapat sebuah pewarnaan- s untuk suatu $s \leq k$. Jika graf G mempunyai order n , maka G merupakan n -colorable. Bilangan bulat minimum k sehingga sebuah graf G disebut k -colorable dinamakan bilangan kromatik, dinotasikan dengan $\chi(G)$.

Jika G adalah sebuah graf dengan $\chi(G) = k$, maka G dinamakan k -chromatic.



Gambar 2.1. Graf 3-chromatic

2.3. Algoritma DSATUR

Algoritma DSATUR merupakan algoritma pewarnaan terurut dengan membangun urutan titik-titik secara dinamis. Algoritma ini ditemukan oleh Brezaz pada tahun 1979 Derajat saturasi dari suatu titik x yang dinotasikan dengan $deg_s(x)$ adalah banyaknya warna berbeda yang sudah muncul pada tetangga x .

Brezaz kemudian mengembangkan lagi sebuah algoritma baru yang dikenal sebagai BSC ((*Backtracking*

Sequential Coloring) yang dapat mengkonstruksi suatu pewarnaan dari graf G dengan menggunakan warna sebanyak bilangan kromatik $\chi(G)$.

Algoritma ini didasarkan pada algoritma backtracking yang dikembangkan oleh Brown. Titik-titik dari graf disimpan dalam suatu array, misalkan A . Pertama, titik-titik tersebut diurutkan berdasarkan derajat yang tidak naik. Urutan ini lalu berubah secara dinamis.

Jika $A[0], \dots, A[i-1]$ telah mendapat warna dan misalkan banyaknya warna yang berbeda pada titik-titik ini adalah $colors(i-1) = li$.

Himpunan warna bebas dari suatu titik $x = A[i]$, dinotasikan dengan $U = freeColors(x)$, adalah himpunan bagian dari warna $\{1, 2, \dots, li+1\}$ yang tidak muncul pada tetangga x .

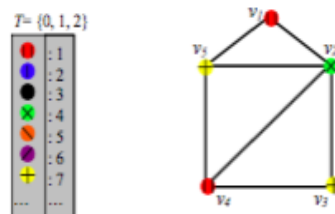
Jika suatu batas atas, dinotasikan dengan $optColorNumber$ ($\chi(G) \leq optColorNumber$), telah didapat dari suatu pewarnaan f , maka semua warna $\geq optColorNumber$ dibuang dari U .

Titik yang diwarnai selanjutnya adalah seperti pada DSATUR, yaitu titik yang memiliki derajat saturasi terbesar. Titik ini diwarnai dengan warna terkecil di U . Jika U kosong, maka suatu runut balik (*backtrack*) dilakukan. [2]

2.4. T – Colouring

Pewarnaan T (T-coloring) yaitu pewarnaan dengan jarak antara dua warna dari dua simpul yang bertetangga tidak boleh membentuk “T”.

Dikenalkan oleh Hale pada tahun 1980 untuk menyelesaikan masalah pengalokasian frekuensi dalam sebuah sistem komunikasi. Dalam frequency assignment, tujuan utamanya yaitu mengalokasikan frekuensi secara efisien. [2]



Gambar 2.2. Contoh T-Coloring pada Graf G

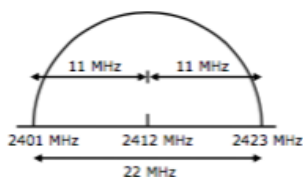
III. PEMBAHASAN

3.1 Penerapan dalam Kasus

Seperti yang ditulis pada Bab I, untuk menyelesaikan permasalahan, digunakanlah pewarnaan pada graf dengan memisalkan sistem WLAN yang ada pada suatu daerah dapat kita modelkan ke dalam suatu graf $G = (V, E)$. Titik terdapatnya access point dinyatakan dengan himpunan titik (V), sedangkan himpunan sisi (E) menyatakan interferensi dari gelombang yang dipancarkan oleh dua access point atau lebih. Permasalahan interferensi pada WLAN ini kemudian akan diselesaikan dengan menggunakan variasi pewarnaan titik yaitu T-Coloring.

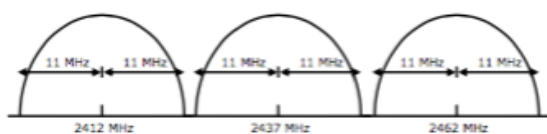
Dalam pemakaiannya, sebuah access point memiliki beberapa kanal frekuensi pilihan yang dapat dipilih sesuai kebutuhan penggunaan. Kanal yang dipilih kemudian akan ditambahkan ke daerah sekelilingnya sampai kira-kira radius 48 m (pada penggunaan teknologi terkini) yang kemudian sinyal/gelombang radio tersebut akan ditangkap oleh alat-alat elektronik yang sudah mendukung Wi-Fi.

Berikut ini adalah beberapa gambar dan penjelasan dari penggunaan kanal frekuensi.

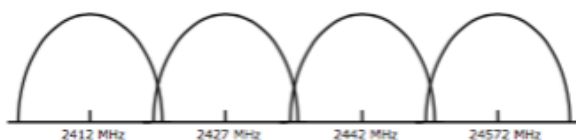


Gambar 3.1. Kanal Tunggal

Gambar 3.1 menampilkan sebuah kanal yang memiliki frekuensi radio yang tidak menimbulkan interferensi karena tidak ada frekuensi yang digunakan oleh access point lain.



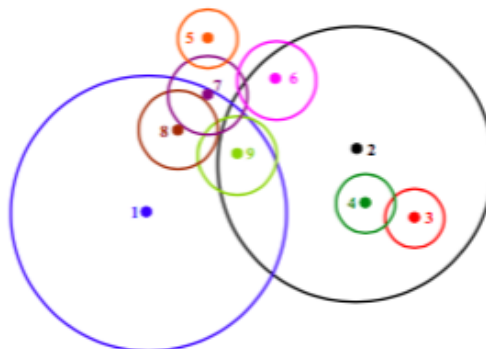
Gambar 3.2 Kanal- Kanal tanpa terjadi interferensi frekuensi



Gambar 3.3 Kanal-Kanal dengan interferensi frekuensi
Tampak pada Gambar 3.3, penggunaan 4 kanal pada suatu wilayah tertentudengan adanya interferensi frekuensi. Sedangkan pada penggunaan 3 kanal pada Gambar 3.2, tidak terdapat interferensi frekuensi.

Secara garis besar pemodelan yang digunakan dalam masalah WLAN ini adalah :

- Graf G yang merupakan daerah access point
- Titik yang menunjukkan letak access point.
- Sisi yang memberitahukan irisan dua atau lebih hotspot yang dipancarkan oleh access point tersebut.
- Warna yang menunjukkan jenis kanal frekuensi yang diberikan kepada masing-masing access point.



Gambar 3.4 Contoh Access Point di sebuah tempat

Diperoleh titik-titik sebagai berikut :

$$V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9)$$

Sistem WLAN pada Gambar 3.4 akan dimisalkan ke dalam bentuk graf $G = (V, E)$. Langkah awal prosesnya adalah menentukan himpunan V , yaitu titik di mana access point berada, sehingga titik-titik pada graf yang diperoleh adalah $V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9)$. Sisi E untuk graf $G = (V, E)$ ada jika terdapat irisan (interferensi) gelombang dari dua buah access point, sehingga diperoleh sisi-sisi sebagai berikut :

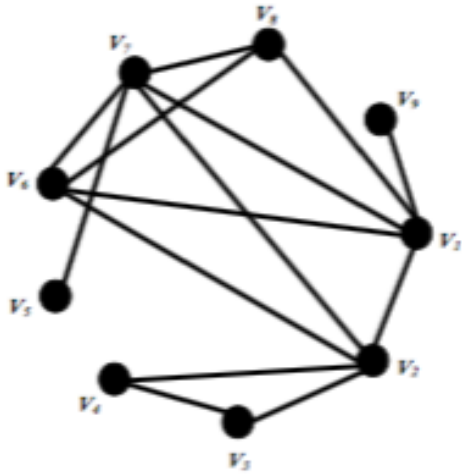
$$E = (v_1v_2, v_1v_6, v_1v_7, v_1v_8, v_1v_9, v_2v_3, v_2v_4, v_2v_6, v_2v_7, v_2v_9, v_3v_4, v_5v_7, v_6v_7, v_6v_8, v_7v_8)$$

Matriks ketetanggaan dari graf $G = (V, E)$ adalah:

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9
v_1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
v_2	1	1	1	1	0	1	1	0	1
v_3	0	1	1	1	0	0	0	0	0
v_4	0	1	1	1	0	0	0	0	0
v_5	0	0	0	0	1	0	1	0	0
v_6	1	1	0	0	0	1	1	1	0
v_7	1	1	0	0	0	1	1	1	0
v_8	1	0	0	0	0	1	1	1	0
v_9	1	1	0	0	0	0	0	0	1

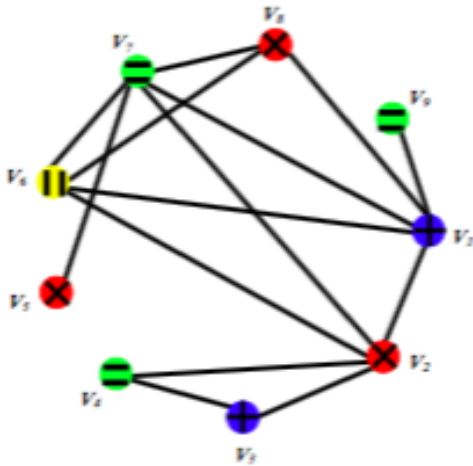
Tabel 3.1 Matriks Ketetanggaan graf G

Sehingga Graf G yang terbentuk adalah :



Gambar 3.5 Graf yang bersesuaian

Dengan menggunakan algoritma BSC maka diperoleh solusi dari graf pada Gambar 3.5 yaitu :



Gambar 3.6 Graf G yang telah diwarnai

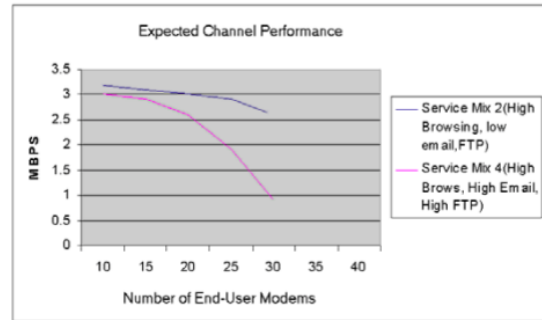
Algoritma BSC memberikan hasil yang lebih baik dalam menentukan jumlah warna minimum yang dapat digunakan pada proses pewarnaan graf G. Gambar 3.6 menunjukkan bahwa graf G dapat diwarnai dengan menggunakan 4 buah warna saja, tetapi tidak dapat diwarnai dengan menggunakan 3 warna. Algoritma BSC berhenti apabila freecolor dari setiap titik sudah tidak ada lagi, dengan kata lain sudah tidak ada warna lagi yang dapat digunakan.

3.2. Maksimum pengguna aktif dalam sebuah WLAN

WLAN yang banyak digunakan saat ini adalah WLAN yang bertipe IEEE 802.11b. WLAN ini memiliki bandwidth maksimum 11Mbps didalam sebuah kanal frekuensinya. Jika dialokasikan dengan bandwidth 240 kbps per pengguna jaringan, maka sebuah sel dapat digunakan oleh 32 pengguna aktif secara bersamaan. Jika

alokasinya lebih rendah, misalnya 1/4-nya atau 60 kbps tiap pengguna, maka sel tersebut dapat menampung $4 \times 32 = 128$ pengguna aktif. Jika dalam satu nano sel digunakan 3 kanal sekaligus, berarti akan dapat menampung 96 pengguna yang masing-masing mendapatkan bagian 240 kbps.

Oleh karena itu, dengan semakin banyaknya pengguna jaringan, semakin berkurang juga kinerja kanal wireless.



Gambar 3.7. Grafik Kinerja Kanal dengan Beban

Pada gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa pada kinerja kanal dengan beban 10-40 node terjadi penurunan performance / kecepatan yang dirasakan oleh masing-masing user. Terlihat bahwa untuk aplikasi web, kanal akan lebih cepat jatuh kinerjanya.[2]

3.3. Interferensi pada penggunaan WLAN

Untuk dapat memanfaatkan sistem WLAN dengan semangkus dan seoptimal mungkin, semua perangkat yang dipakai pada area itu sebaiknya menggunakan daya pancar yang seragam dan terbatas.

Jika hal tersebut dianggap remeh, maka akan ada kemungkinan terjadinya *harmful interference*. *Harmful interference* dapat terjadi bukan hanya antar perangkat pengguna internet, tetapi juga dengan perangkat sistem telekomunikasi lainnya.

Bila interferensi tersebut berlanjut ,karena penggunaanya ingin lebih unggul dari pengguna lainnya maupun karena kurangnya pemahaman terhadap keterbatasan teknologinya, pada akhirnya akan membuat jalur frekuensi 2,4 GHz tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Interferensi yang dimaksud dapat berupa penguatan atau pelemahan sinyal, mengacaukan distribusi pita frekuensi, dan sebagainya. Keterbatasan lain dari jalur frekuensi nirkabel 2.4 GHz ini adalah karena ISM (industrial, science and medical) menggunakan jalur frekuensi yang sama.[2]

IV. KESIMPULAN

Pewarnaan graf adalah pemberian warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian rupa sehingga tidak ada dua simpul bertetangga mempunyai warna yang sama.

Dalam makalah ini diaplikasikan pewarnaan graf untuk mengalokasikan frekuensi gelombang pada WLAN (*Wireless Local Area Network*). Pewarnaan graf digunakan agar dapat mengakomodasi pengguna sebanyak-banyaknya, dengan jumlah frekuensi seoptimal mungkin, serta mencegah terjadinya interferensi gelombang sehingga sistem WLAN dapat digunakan dengan semangkus mungkin, tanpa merugikan semua pihak. Algoritma dan metode yang digunakan untuk mewarnai graf pada makalah ini adalah dengan menggunakan algoritma DSATUR dan T-Coloring.

REFERENCES

- [1] M. Rinaldi, "Diktat Kuliah IF 2153 Matematika Diskrit", Program Studi Teknik Informatika, 2006, Bandung, Indonesia.
- [2] Setiawan, Indra Fajar. " Pengalokasian Frekuensi pada WLAN dengan Menggunakan T-Coloring".Bandung ITB.2010
- [3] Riihijarvi, J., Petrova, M., Mahonen, P . *Frequency Allocation for WLAN using Graph Coloring Technique*. Aachen University. 2002.
- [4] Klotz, W. *Graph Coloring Algorithms*. 2000.
- [5] Shin-Ji Hu, Su-Tzu Juan, Gerard J Chang. *T-Coloring and T-Edge Spans of Graph*. Graphs and Combinatorics (1999) 15:295-301.

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, 8 Desember 2015

ttd



Evita Chandra / 13514034