

Aplikasi Pewarnaan Graf pada Penentuan Jumlah Frekuensi Jaringan GSM

Martin Lutta Putra - 13515121
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13515121@stei.std.itb.ac.id

Abstrak — Jaringan GSM adalah salah satu jaringan telepon seluler yang telah digunakan di seluruh dunia. Di Indonesia sendiri, begitu banyak orang menggunakan layanan yang disediakan oleh berbagai operator jaringan GSM untuk memenuhi kebutuhan komunikasi sehari-hari mereka. Dikarenakan persaingan yang sengit, setiap operator berusaha meningkatkan kualitas pelayanan mereka, salah satunya dengan membangun jaringan baru. Namun, dalam membangun jaringan, terdapat satu aspek yang dapat diminimalisasi sehingga biaya pembangunan jaringan dapat ditekan dan dengan demikian memberikan keuntungan maksimal kepada operator, yakni jumlah frekuensi jaringan. Dengan memanfaatkan teori pewarnaan simpul pada graf, dapat dicari jumlah frekuensi minimum terbesar yang diperlukan untuk membangun sebuah jaringan GSM.

Kata Kunci — frekuensi minimum, graf, jaringan GSM, pewarnaan graf.

I. PENDAHULUAN

GSM (*Global System for Mobile Communication*) merupakan salah satu teknologi komunikasi seluler yang dikenal karena penerapannya dalam jaringan telepon genggam (*handphone*). Sampai saat ini, GSM merupakan teknologi seluler yang paling banyak digunakan di seluruh dunia dan telah menjadi standar global bagi komunikasi seluler.

Proyek pengembangan GSM dimulai pada tahun 1981, yang dipelopori oleh CEPT (*Committee of European Post and Telecommunications*) sebagai bentuk usaha untuk mendirikan jaringan seluler yang dapat diterapkan di seluruh penjuru Eropa. CEPT membentuk sebuah kelompok kerja yang dalam bahasa Prancis bernama *Groupe Spéciale Mobile*. Kelompok inilah yang pada awalnya disebut sebagai GSM. Namun, pada awal tahun 1990-an, GSM berhasil menyelesaikan tugas yang diberikan dan memperkenalkan sistem tersebut ke seluruh Eropa. Penyebaran inilah yang menyebabkan perubahan penggunaan istilah GSM, yang awalnya merupakan nama sebuah kelompok kerja menjadi dikenal sebagai nama sistem komunikasi seluler, yakni *Global System for Mobile Communication* [1]. Dan sejak diperkenalkannya

GSM sampai saat ini, sistem tersebut telah menjadi standar komunikasi seluler bukan hanya bagi daerah Eropa, namun bagi seluruh dunia.

Kini, di Indonesia juga sudah terdapat berbagai perusahaan penyedia layanan seluler / operator berjaringan GSM. Perusahaan-perusahaan tersebut berlomba satu sama lain untuk menyediakan layanan yang terbaik bagi para pelanggannya. Peningkatan layanan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya peningkatan *customer service*, pemberian promo kepada pelanggan baru dan lama, peningkatan kualitas jaringan yang sudah terbentuk, maupun pembangunan jaringan baru.

Pembangunan jaringan baru akan sangat meningkatkan daya saing operator, karena jaringan baru memungkinkan operator untuk mengakses pasar yang sebelumnya tidak dapat diakses, dan bersaing dengan operator lain yang telah membangun jaringan di tempat tersebut. Misalnya, seseorang yang tinggal di daerah A lebih menyukai pelayanan dan promo dari operator X ketimbang operator Y. Namun, di tempat tinggalnya, yakni daerah A, hanya terdapat jaringan dari operator Y. Maka, karena tuntutan kebutuhan sehari-hari, orang tersebut terpaksa memakai layanan dari operator Y. Tetapi, apabila operator X dapat membangun jaringan baru di daerah A, maka orang tersebut yang awalnya menggunakan layanan dari operator Y dapat berpindah menjadi konsumen layanan dari operator X. Selain itu, pembangunan jaringan baru di tempat yang belum terjangkau oleh operator lain berarti memiliki akses terhadap calon-calon konsumen tanpa adanya persaingan dari operator lain, seperti yang dilakukan oleh operator Y pada kasus di atas sebelum operator X mulai membangun jaringan. Jelaslah bahwa pembangunan jaringan baru dapat menjadi sangat menguntungkan.

Namun, pembangunan jaringan tentunya memerlukan biaya, dan setiap upaya minimalisasi biaya yang berhasil pasti akan sangat dihargai. Salah satu upaya minimalisasi biaya yang dapat dilakukan adalah dengan meminimalisasi jumlah frekuensi yang digunakan dalam suatu jaringan. Pada makalah ini, akan dibahas cara penentuan jumlah frekuensi minimum yang dibutuhkan untuk membangun

sebuah jaringan GSM.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Definisi Graf

Graf adalah pasangan himpunan simpul dan sisi yang dinyatakan dengan notasi $G = (V, E)$, yang dalam hal ini G melambangkan graf, V melambangkan himpunan simpul / *vertices*, dan E melambangkan himpunan sisi / *edges*. Untuk dapat disebut sebagai graf, V haruslah tidak kosong, sedangkan E boleh kosong [2].

2.2 Klasifikasi Graf

Terdapat berbagai jenis pengelompokan graf. Berdasarkan keberadaan sisi ganda pada graf, graf dapat dikelompokkan menjadi graf sederhana dan graf tak sederhana. Graf sederhana adalah graf yang memiliki sisi ganda, sedangkan graf tak sederhana memiliki sisi ganda. Berdasarkan orientasi arah sisi pada graf, graf dapat dikelompokkan menjadi graf berarah dan graf tak berarah. Graf berarah adalah graf yang memiliki sisi dengan orientasi arah tertentu, sedangkan graf tak berarah adalah graf yang seluruh sisi-sisinya tidak beorientasi arah.

Selain pengelompokan di atas, terdapat graf tertentu yang dikarenakan luasnya aplikasi dari jenis graf tersebut maka graf-graf tersebut diberikan nama khusus. Graf-graf tersebut diantaranya adalah graf lengkap, graf teratur, graf lingkaran, graf bipartit, graf bidang, dan graf planar.

2.2. Terminologi Graf

Terdapat beberapa terminologi dalam pembahasan mengenai graf. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut.

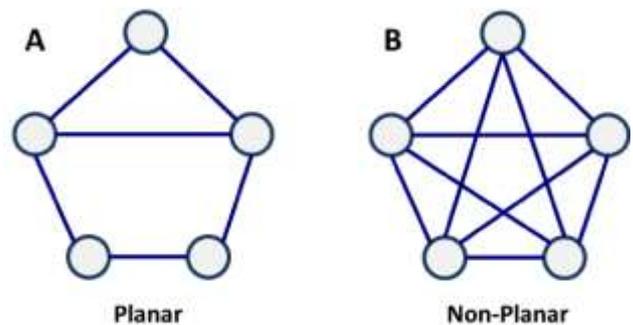
- a. Bertetangga
Dua buah simpul (misalkan v_1 dan v_2) dikatakan bertetangga apabila v_1 dan v_2 dihubungkan oleh sebuah sisi e .
- b. Bersisian
Sebuah sisi e dikatakan bersisian dengan simpul a dan b apabila sisi e menghubungkan simpul a dan b .
- c. Derajat
Untuk graf tak berarah, derajat dari sebuah simpul adalah banyaknya jumlah sisi yang menghubungkan simpul tersebut dengan sembarang simpul lain.
Pada graf berarah, derajat dari sebuah simpul d_v adalah banyaknya jumlah busur masuk ke d_v ditambah banyaknya jumlah busur keluar dari d_v , yakni
$$d_v = d_{in} + d_{out},$$
dengan d_{in} adalah jumlah busur masuk sedangkan d_{out} adalah jumlah busur keluar.
- d. Muka (*face*)
Muka dari sebuah graf G adalah banyaknya wilayah yang terbentuk oleh pertemuan ataupun persilangan sisi-sisi dalam graf, kecuali wilayah di

luar graf yang dihitung sebagai satu muka.

- e. Bilangan Kromatik
Bilangan kromatik adalah banyaknya warna minimal yang diperlukan untuk mewarnai setiap simpul dalam graf G sedemikian sehingga setiap simpul yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Bilangan kromatik dinyatakan sebagai $\chi(G) = n$, dengan $\chi(G)$ melambangkan bilangan kromatik dari graf G dan n melambangkan nilai bilangan kromatik

2.3. Graf Planar, Graf Dual, dan Pewarnaan Graf

Sebuah graf disebut planar apabila graf tersebut dapat digambarkan pada bidang datar tanpa ada sisi yang berpotongan. Dua buah sisi atau lebih disebut berpotongan apabila terdapat pertemuan antar sisi-sisi tersebut kecuali titik awal dan titik akhir mereka. [3]



Gambar 1 : Contoh graf planar dan bukan planar

(Sumber :

<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/planarnonplanar.html>)

Berdasarkan graf planar, dapat dibentuk sebuah graf khusus lain, yakni graf dual.

Misalkan terdapat sebuah graf planar G . Dual dari graf G adalah graf yang dibuat dengan menempatkan satu simpul pada setiap muka di G . Untuk setiap graf planar G , terdapat minimal satu buah dual yang dapat dibentuk.

Untuk setiap graf dual, dapat dilakukan pewarnaan simpul graf yang akan secara pasti menentukan bilangan kromatik dari graf dual tersebut. Pewarnaan simpul graf adalah proses yang dilakukan pada graf G sedemikian rupa sehingga setelah proses dilakukan, setiap simpul yang bertetangga pada graf G diwarnai dengan warna yang berbeda.

2.4 Algoritma Welch-Powell

Algoritma Welch-Powell adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan pewarnaan pada graf. Setelah menerapkan algoritma Welch-Powell pada suatu graf, maka dapat ditentukan bilangan kromatik dari graf tersebut. Langkah-langkah dari algoritma Welch-Powell adalah sebagai berikut :

1. Hitung derajat dari setiap simpul dalam graf.
2. Urutkan simpul dari derajat terbesar ke derajat

terkecil. Jika terdapat simpul yang berderajat sama, urutan penempatannya bebas.

- Warnai simpul berderajat terbesa) dengan sembarang warna tertentu, misalkan x . Kemudian, warnai juga setiap simpul yang tidak bertetangga dengan simpul tersebut dengan warna x .
- Ulangi langkah 3 untuk setiap simpul yang belum diwarnai.

Bilangan kromatik dari suatu graf G adalah banyaknya warna yang digunakan untuk menerapkan algoritma Welch-Powell pada graf G .

2.5. Jaringan GSM

Secara teknis, arsitektur jaringan GSM dapat dikelompokkan ke dalam 4 area utama, yakni :

- *Mobile Station* (MS)
- *Base-Station Subsystem* (BSS)
- *Network and Switching Subsystem* (NSS), dan
- *Operation and Support Subsystem* (OSS).

Mobile Station (MS) merupakan telepon selular yang sehari-hari kita lihat dan operasikan, *Base-Station Subsystem* (BSS) merupakan bagian arsitektur jaringan yang berkomunikasi dengan satu atau lebih MS, *Network and Switching Subsystem* (NSS) merupakan bagian yang berfungsi untuk mengatur layanan-layanan seluler (seperti SMS, otentikasi SIM, dsb), dan *Operation and Support Subsystem* (OSS) merupakan elemen yang mengatur keseluruhan jaringan GSM [4].

GSM memakai sistem area jangkauan berupa 3 sel heksagonal untuk setiap BTS, ditambah dengan pengulangan pemakaian frekuensi untuk setiap 3 sel yang tidak berdampingan. Telepon selular berjaringan GSM kemudian akan mencari BTS yang memberikan sinyal terkuat dalam sel tempat telepon seluler tersebut berada, dan akan membangun koneksi dengan BTS tersebut untuk memperoleh sinyal dan layanan.

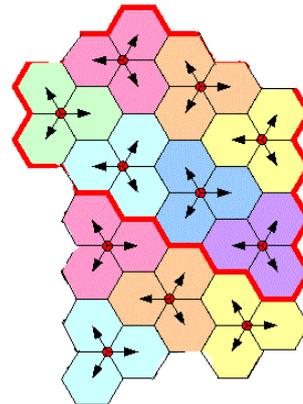
III. PROSES PENENTUAN JUMLAH FREKUENSI JARINGAN GSM

3.1. Representasi Graf dari Jaringan GSM

Telah disebutkan sebelumnya bahwa jaringan GSM memakai sistem sel-sel heksagonal sebagai *coverage area* dari suatu BTS, dengan setiap BTS memancarkan sinyal ke 3 buah sel heksagonal di sekitarnya. Hal ini berarti setiap jaringan GSM dapat direpresentasikan sebagai sebuah peta, dengan 3 buah sel yang merupakan *coverage area* BTS dianggap sebagai satu wilayah, dan perbatasan dari setiap 3-sel sebagai batas wilayah dalam peta. Representasi jaringan GSM sebagai peta ini berguna karena dengan merepresentasikannya sebagai peta, kita dapat menerapkan algoritma pewarnaan graf pada peta, sebuah aplikasi yang sangat umum dalam penggunaan graf, sebagai upaya kita untuk menentukan jumlah frekuensi yang dibutuhkan dalam jaringan GSM.

Tinjau gambar di bawah. Untuk merepresentasikan jaringan sebagai peta, pertama-tama kita akan menyatukan

setiap 3-sel menjadi satu wilayah. Anggaplah 3-sel ini sebagai satu buah negara dalam peta dunia. Maka, setiap perbatasan 3-sel dengan 3-sel lainnya merupakan sebuah batas negara dalam peta.



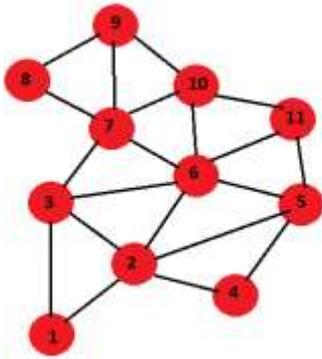
Gambar 2 : Contoh jaringan GSM (Disunting dari : http://services.eng.uts.edu.au/userpages/kumbes/public_html/ra/gsm/gsm.html)

Di titik ini, kita telah memiliki sebuah graf planar. Apabila kita menganggap setiap titik sudut dari sel heksagonal sebagai simpul graf, dan sisi-sisi yang menghubungkan titik-titik sudut sel sebagai sisi graf, maka peta yang telah kita buat dapat direpresentasikan sebagai graf planar.

Setelah kita membangun graf planar dari peta, langkah selanjutnya adalah membentuk graf dual dari graf planar tersebut. Meskipun tidak wajib, pembentukan graf dual akan sangat membantu kita dalam proses menemukan jumlah frekuensi minimum. Hal ini dikarenakan penerapan algoritma pewarnaan graf akan lebih mangkus jika dilakukan pada graf dual ketimbang diterapkan langsung pada graf planar, mengingat graf dual memiliki jumlah sisi dan simpul yang lebih sedikit daripada graf planar yang telah kita bentuk. Untuk membentuk graf dual, kita akan melakukan langkah-langkah berikut :

- Tempatkanlah sebuah simpul untuk setiap muka dari graf planar, kecuali muka yang berada di luar graf planar. Pengecualian ini dilakukan karena muka di luar graf planar bukan merupakan representasi dari area jangkauan jaringan, dan graf dual yang terbentuk dengan pengecualian ini tetap memenuhi syarat sebagai dual graf planar, sehingga pengecualian ini tidak menimbulkan masalah.
- Untuk setiap muka yang berdampingan, buatlah sisi yang menghubungkan simpul dalam muka yang satu ke simpul dalam muka yang lain.

Graf yang dihasilkan setelah menghubungkan semua muka yang berdampingan merupakan dual dari graf planar.



Gambar 3 : Dual dari graf planar jaringan GSM pada gambar 2

Kini, setelah kita memiliki representasi graf dual dari jaringan GSM, kita dapat dengan mudah menentukan jumlah frekuensi minimal yang dibutuhkan. Penentuan tersebut dilakukan dengan menerapkan pewarnaan simpul graf pada graf dual yang telah kita bentuk.

3.2. Pewarnaan Graf pada Jaringan GSM

Dengan menggunakan algoritma Welch-Powell, dapat dilakukan pewarnaan pada graf dual untuk menentukan bilangan kromatiknya. Jaringan GSM menggunakan repetisi frekuensi antar 3-sel heksagonal yang tidak berdampingan untuk meminimalisasi jumlah frekuensi yang diperlukan dalam suatu jaringan, sehingga menemukan bilangan kromatik dari representasi graf dual sama dengan menemukan jumlah frekuensi yang diperlukan untuk membangun jaringan GSM yang dimaksud.

Sebagai contoh pencarian jumlah frekuensi, akan diterapkan algoritma pewarnaan graf Welch-Powell pada graf dual di gambar 3. Terdapat 11 simpul pada graf, dengan masing-masing memiliki derajat sebagai berikut.

Simpul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Derajat	2	4	3	2	4	6	5	2	3	4	3

Tabel 1 : Jumlah derajat masing-masing simpul pada graf dual di gambar 3

Sebelum diwarnai, setiap simpul harus diurutkan mulai dari derajat terbesar ke derajat terkecil. Tabel di bawah menunjukkan hasil pengurutan.

Simpul	6	7	2	5	10	3	9	11	1	4	8
Derajat	6	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2

Tabel 2 : Hasil pengurutan simpul graf dual dari derajat terbesar ke derajat terkecil

Perhatikan bahwa terdapat simpul-simpul berderajat sama, misalnya simpul {2,5,10}, namun urutan penempatannya tidak berpengaruh. Kita dapat mengubah pengurutannya menjadi {5, 10, 2}, {2, 10, 5}, dan sebagainya tetapi hasil pewarnaannya tidak akan berubah. Setelah pengurutan, simpul dapat mulai diwarnai dari

derajat terbesar ke derajat terkecil. Langkah pewarnaan adalah sebagai berikut.

1. Warnai simpul 6 dengan sembarang warna. Misal digunakan warna merah. Simpul-simpul yang tidak bertetangga dengan simpul 6 adalah simpul {1,4,8,9}. Maka, warnai juga simpul {1,4,8,9} dengan warna merah.
2. Simpul yang telah diwarnai adalah simpul {1, 4, 6, 8, 9}. Simpul berderajat terbesar selanjutnya yang belum diwarnai adalah simpul 7. Misalkan warnai simpul 7 dengan warna biru. Simpul-simpul yang tidak bertetangga dengan simpul 7 namun belum diwarnai adalah simpul {2, 5, 11}. Warnai juga ketiga simpul ini dengan warna biru.
3. Simpul yang telah diwarnai adalah simpul {1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11}. Simpul derajat terbesar selanjutnya yang belum diwarnai adalah simpul 10. Misalkan warnai simpul 10 dengan warna kuning. Simpul-simpul yang tidak bertetangga dengan simpul 10 namun belum diwarnai adalah simpul {3}. Warnai juga simpul ini dengan warna kuning.
4. Simpul yang telah diwarnai adalah simpul {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}. Proses pewarnaan simpul selesai.

Setelah penerapan algoritma Welch-Powell, hasil pewarnaannya adalah :

Simpul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Warna	M	B	K	M	B	M	B	M	M	K	B

Tabel 3 : Ringkasan hasil pewarnaan simpul graf dual. M menyatakan merah, B menyatakan biru, dan K menyatakan kuning.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, bilangan kromatik dari graf adalah $\chi(G) = 3$, dengan himpunan warnanya adalah {merah, biru, kuning}. Artinya, untuk jaringan GSM pada gambar 2, jumlah frekuensi minimal yang diperlukan agar jaringan dapat beroperasi adalah 3 frekuensi. Telepon selular yang berada pada area jangkauan simpul 1 akan memiliki frekuensi yang sama dengan telepon selular yang berada pada area jangkauan simpul {4,6,8,9}, yang berada pada simpul 2 akan sama dengan yang berada pada simpul {5, 7, 11}, dst.

IV. JUMLAH FREKUENSI MINIMUM TERBESAR PADA SEMBARANG JARINGAN GSM

Kita telah melihat bahwa algoritma pewarnaan graf dapat diterapkan pada representasi graf jaringan GSM untuk menentukan jumlah frekuensi minimum dari jaringan yang bersesuaian. Hal ini jelas sangat membantu para penyedia layanan seluler ketika membuat jaringan, sebab dengan hanya mengoperasikan frekuensi sebesar jumlah frekuensi minimum, mereka dapat meminimalisasi atau setidaknya mengurangi biaya pembangunan jaringan di suatu daerah.

Namun, luas dari setiap daerah yang ingin dibuatkan

jaringan tentunya berbeda-beda, dan luas yang berbeda ini akan berpengaruh pada jumlah sel heksagonal yang diperlukan ketika kita hendak merepresentasikan area jangkauan jaringan dalam suatu daerah. Misalkan, area jangkauan sebuah jaringan operator X di provinsi D.K.I. Jakarta direpresentasikan oleh gambar 2. Pada gambar 2 terdapat 33 buah sel heksagonal. Namun, untuk jaringan operator X di wilayah provinsi Jawa Barat, apakah dapat direpresentasikan dengan jumlah dan pengaturan sel heksagonal yang sama? Mengingat wilayah provinsi Jawa Barat yang jauh lebih besar daripada wilayah provinsi D.K.I. Jakarta, masuk akal jika kita mengatakan bahwa jumlah sel heksagonal yang dibutuhkan akan lebih banyak, begitu pula dengan jumlah BTS yang dibutuhkan. Hal ini berarti jumlah sisi dan simpul yang dibutuhkan untuk merepresentasikan wilayah provinsi Jawa Barat akan lebih banyak ketimbang yang dibutuhkan untuk merepresentasikan wilayah D.K.I. Jakarta, dan grafnya akan menjadi lebih kompleks. Jika demikian, pertanyaan selanjutnya yang mungkin timbul adalah: berapa jumlah frekuensi minimal yang dibutuhkan untuk sembarang jaringan GSM?

Karena jaringan GSM dapat direpresentasikan sebagai sebuah graf dual sebagaimana yang telah dicontohkan di atas, dan frekuensi minimal dari sebuah jaringan GSM sama dengan bilangan kromatik dari graf dual yang merepresentasikannya, maka jawaban dari pertanyaan ini adalah sama dengan jawaban pertanyaan “Berapakah bilangan kromatik maksimum dari sebuah graf dual dengan sembarang jumlah simpul dan sisi?”.

Jawaban dari pertanyaan di atas adalah 4. Nilai ini didasarkan kepada pembuktian *four-color theorem* yang dilakukan oleh Appel-Haken pada tahun 1976. *Four-color theorem* menyatakan bahwa untuk sembarang peta M , jumlah warna paling sedikit yang dibutuhkan untuk mewarnai daerah-daerah pada M sedemikian sehingga seluruh daerah yang berdampingan masing-masing memiliki warna berbeda adalah 4 buah warna. Dengan demikian, untuk daerah seluas apapun dengan jumlah sel-heksadesimal sebanyak apapun, 4 frekuensi sudah cukup untuk membuat jaringan GSM dapat beroperasi.

V. KESIMPULAN

Setiap jaringan GSM terdiri dari kumpulan sel-heksagonal yang menyatakan area jangkauan jaringan tersebut. Setiap kumpulan sel tersebut dapat direpresentasikan menjadi sebuah graf dual. Mencari jumlah frekuensi minimum yang dibutuhkan untuk membangun sebuah jaringan GSM sama dengan mencari bilangan kromatik graf dual yang merupakan representasi dari jaringan GSM yang dimaksud. Untuk menentukan bilangan kromatik, dapat digunakan algoritma Welch-Powell yang merupakan salah satu dari algoritma pewarnaan graf. Bilangan kromatik yang diperoleh menyatakan bahwa untuk membangun sebuah jaringan yang direpresentasikan oleh graf dual tersebut, jumlah

frekuensi terkecil yang mungkin adalah sebanyak bilangan kromatik. Dan untuk sembarang jaringan GSM dengan jumlah sel sebanyak apapun, jumlah frekuensi terkecil yang mungkin paling banyak adalah 4 frekuensi.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus, yang atas berkat dan kasih karunia-Nya yang melimpah, saya dapat ada sebagaimana saya ada, serta diberikan semangat dan kekuatan untuk dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Saya mengucapkan terima kasih kepada Ibu Harlili dan Bpk. Rinaldi Munir selaku dosen mata kuliah IF-2120 Matematika Diskrit yang telah memberikan bimbingan dan dasar pengetahuan yang cukup kepada saya untuk menyusun makalah ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga, khususnya orang tua saya, yang senantiasa memberikan dukungan dalam doa, semangat, nasihat, maupun materi.

REFERENSI

- [1] Huurdeman A., Anton. 2003. *The Worldwide History of Telecommunications*. John Wiley & Sons : New Jersey.
- [2] Munir, Rinaldi. 2005. *Matematika Diskrit*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [3] Rosen, Kenneth H. 2012. *Discrete Mathematics and Its Applications*. McGraw-Hill : New York.
- [4] Poole, Ian. http://www.radio-electronics.com/info/cellularcomms/gsm_technical/gsm_architecture.php, diakses tanggal 7 Desember 2016 pukul 09.52 WIB

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 2016

ttd



Martin Lutta Putra - 13515121