

Penerapan Pewarnaan Graf dalam Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Mikhael Artur Darmakesuma - 13515099¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13515099@std.stei.itb.ac.id; mikhael.artur.d@gmail.com

Abstrak—Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas atau yang lebih kita kenal dengan lampu lalu lintas adalah sebuah hal yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Alat pemberi isyarat lalu lintas adalah sebuah benda yang berguna untuk mengatur arus kendaraan dan pejalan kaki yang melewati tempat penyebrangan pejalan kaki yang disebut *zebra cross*. Seharusnya, alat pemberi isyarat lalu lintas membuat arus kendaraan menjadi lebih teratur. Namun masih ada alat pemberi isyarat lalu lintas yang belum tepat pengaturannya sehingga menyebabkan kemacetan dan kecelakaan.

Keywords—Graf, efisiensi, lampu lalu lintas, pewarnaan graf

I. PENDAHULUAN

Menurut UU no. 22 tahun 2009 pasal 1 ayat 19 [1], Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur Lalu Lintas orang dan/atau Kendaraan di persimpangan atau pada ruas Jalan.

Alat pemberi isyarat lalu lintas mengatur pergerakan arus kendaraan dan penyebrang jalan di persimpangan atau ruas jalan. Pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas yang tidak tepat dapat menyebabkan arus lalu lintas menjadi tidak efektif sehingga menimbulkan hal yang tidak diinginkan seperti kemacetan atau bahkan kecelakaan.

Misalnya ketika lampu mempersilahkan kendaraan bergerak pada suatu ruas jalan di mana penyebrang jalan dipersilahkan menyebrang. Hal tersebut dapat mengakibatkan terganggunya laju kendaraan karena penyebrang jalan dan sebaliknya. Oleh karena itu, pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas harus diatur sedemikian rupa agar dapat menghindari kejadian-kejadian yang tidak diharapkan. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, dapat digunakan teori pewarnaan simpul graf.

II. DASAR TEORI

A. Graf

Graf adalah sebuah struktur diskrit yang terdiri dari simpul yang dilambangkan dengan V dan sisi yang menghubungkan simpul-simpul dilambangkan dengan E . Graf pertama kali digunakan untuk menyelesaikan masalah jembatan Konigsberg pada tahun 1736. Secara matematis, sebuah graf G dapat didefinisikan sebagai pasangan dua buah himpunan (V, E) di mana[1]:

1. V merupakan himpunan tidak kosong dari simpul-simpul graf.
2. E merupakan himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul.

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf dapat dikelompokkan menjadi:

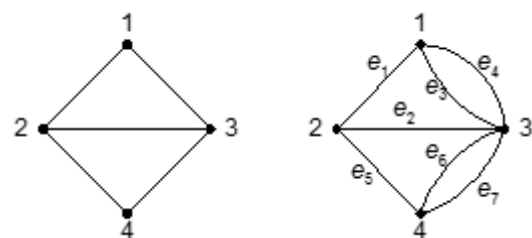
1. Graf sederhana di mana graf tidak memiliki gelang maupun sisi ganda
2. Graf tak-sederhana di mana graf memiliki gelang atau sisi ganda.

Berdasarkan jumlah simpul pada suatu graf, graf dapat dibagi menjadi:

1. Graf berhingga di mana jumlah simpulnya n , berhingga
2. Graf tak-berhingga yaitu graf yang jumlah simpulnya tak berhingga.

Berdasarkan orientasi sisi pada suatu graf, graf dapat dibagi menjadi:

1. Graf tak-berarah yang sisinya tidak memiliki orientasi
2. Graf berarah yang sisinya memiliki orientasi.



Gambar 1.1 Graf sederhana tak-berarah (kiri) dan graf tak-sederhana tak-berarah (kanan)

Selain definisi, ada beberapa terminologi yang perlu kita ketahui untuk memahami graf:

1. Bertetangga
Dua buah simpul dikatakan bertetangga pada graf tak-berarah apabila kedua simpul tersebut dihubungkan langsung oleh sebuah sisi.
2. Bersisian
Sebuah simpul N dikatakan bersisian dengan sisi E jika sisi E menghubungkan simpul N dengan simpul lain.
3. Simpul Terpencil
Simpul terpencil adalah simpul yang tidak mempunyai simpul lain yang bertetangga dengan simpul tersebut.
4. Graf Kosong
Graf yang tidak mempunyai sisi sehingga himpunan sisinya merupakan himpunan kosong adalah graf kosong. Semua simpul yang dimiliki graf kosong adalah simpul terpencil.
5. Derajat
Derajat sebuah simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

B. Beberapa Graf Sederhana

1. Graf Lengkap
Sebuah graf sederhana disebut graf lengkap jika setiap simpulnya bertetangga dengan simpul lainnya. Derajat setiap simpul dalam graf lengkap adalah $(n-1)$ di mana n adalah jumlah simpul dari graf lengkap.
2. Graf Lingkaran
Sebuah graf sederhana disebut graf lingkaran jika seluruh simpulnya berderajat dua.
3. Graf Teratur
Sebuah graf sederhana disebut graf teratur jika seluruh simpulnya berderajat sama. Dalam hal ini, graf lingkaran juga merupakan graf teratur dengan derajat dua dan graf lengkap adalah graf teratur berderajat $(n-1)$ di mana n adalah jumlah simpul.
4. Graf Bipatrit
Sebuah graf sederhana disebut graf bipatrit bila himpunan simpulnya dapat dipecah menjadi dua himpunan bagian sehingga setiap sisi pada graf tersebut menghubungkan simpul pada salah satu himpunan bagian ke himpunan bagian lainnya

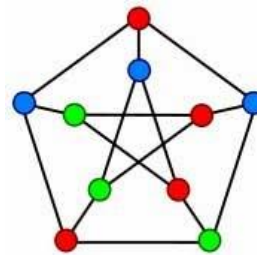
C. Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf terdiri dari beberapa jenis. Beberapa diantaranya adalah pewarnaan simpul, pewarnaan sisi dan pewarnaan wilayah. Namun, dalam makalah ini hanya akan dibahas mengenai pewarnaan simpul karena jenis pewarnaan graf yang digunakan hanyalah pewarnaan simpul dengan algoritma Welch-Powell.

Pewarnaan simpul dalam graf adalah persoalan mewarnai simpul sedemikian sehingga simpul yang bertetangga memiliki warna yang berbeda dan jumlah warna yang digunakan sesedikit mungkin. Jumlah warna yang digunakan dalam mewarnai suatu graf dinamakan bilangan kromatik.

Dalam pewarnaan simpul, beberapa graf tertentu dapat

langsung ditentukan bilangan kromatiknya. Untuk sebuah graf kosong bilangan kromatiknya pasti satu karena tidak ada sisi yang bertetangga. Sementara sebuah graf lengkap dengan n buah simpul pasti memiliki bilangan kromatik sebesar n karena seluruh simpulnya saling berhubungan. Graf lingkaran memiliki dua variasi. Untuk graf lingkaran yang memiliki jumlah simpul ganjil, bilangan kromatiknya pasti tiga sementara untuk graf lingkaran yang jumlah simpulnya genap bilangan kromatiknya pasti dua. Selain itu, untuk sebuah graf bipatrit, bilangan kromatiknya pasti dua untuk mewarnai masing-masing himpunan.



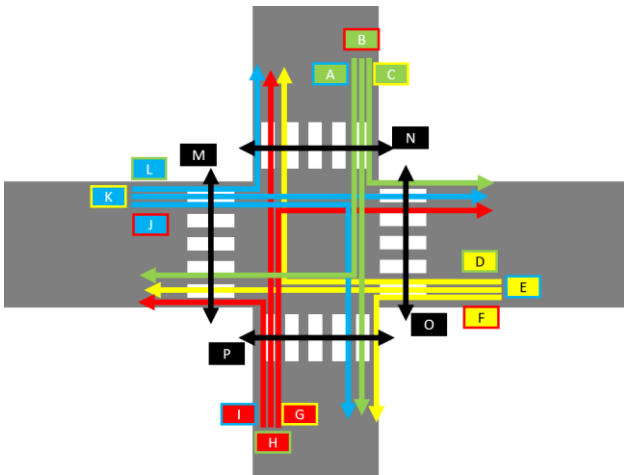
Gambar 1.2 Pewarnaan simpul graf

Algoritma Welch-Powell sebenarnya adalah algoritma yang sering disebut dengan algoritma greedy. Penggunaan algoritma ini dalam pewarnaan graf dapat dilakukan dengan langkah langkah berikut [3]:

1. Bentuk graf yang akan diwarnai, kemudian urutkan simpulnya dari derajat terbesar hingga terkecil.
2. Ambil simpul dengan derajat terbesar, berikan sebuah warna.
3. Berikan warna yang sama untuk seluruh simpul yang tidak bertetangga dengan simpul yang diambil tadi sedemikian sehingga tetap mempertahankan syarat pewarnaan simpul graf.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk sisa simpul yang belum diwarnai hingga seluruh simpul berhasil diberi warna.

III. PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM ALAT PEMBERI ISYARAT LALU LINTAS

Pada sebuah persimpangan jalan dengan empat arah berbeda dengan aturan sebuah kendaraan dari satu arah dapat bergerak ke tiga arah lainnya dengan berbelok kiri, kanan atau lurus. Pada persimpangan tersebut juga terdapat sebuah alat pemberi isyarat lalu lintas yang mengatur laju kendaraan dan pejalan kaki yang akan menyebrang.



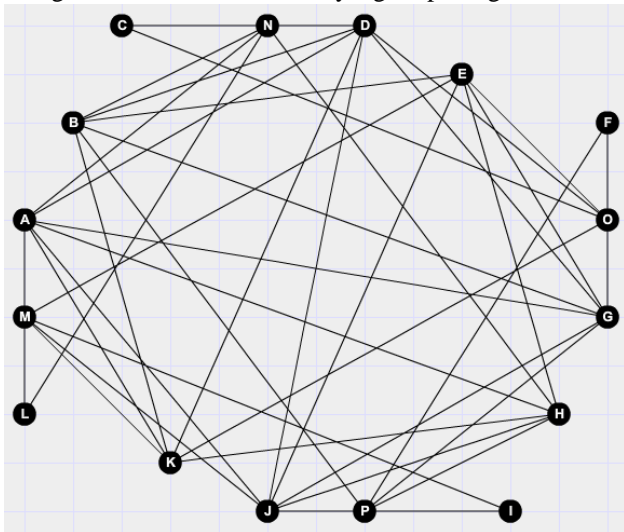
Gambar 2.1 Ilustrasi persimpangan jalan

Panah-panah pada gambar tersebut merepresentasikan arus kendaraan dan pejalan kaki. Penulis mengasumsikan arus kendaraan berupa arus satu arah dan arus pejalan kaki berupa arus dua arah.

Masing-masing arus diberi warna dan nama. Kotak nama diberi warna sesuai warna arus dan pinggir kotak nama diberi warna sesuai dengan warna arus tujuannya. Sementara arus pejalan kaki diberi warna hitam.

Persoalan yang didapat dari kejadian ini adalah bagaimana cara mengatur lalu-lintas dengan membagi arus menjadi beberapa fase dalam sebuah siklus agar dalam sebuah fase tidak ada arus yang saling memotong sehingga menyebabkan kemacetan dan didapatkan fase paling sedikit yang dimungkinkan.

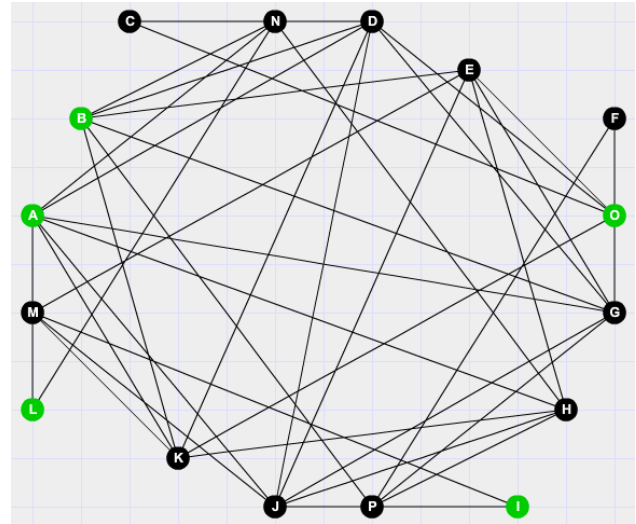
Persoalan tersebut dapat diselesaikan dengan teori graf yaitu pewarnaan simpul graf. Untuk itu, dibuatlah sebuah graf dengan representasi arus yang diberi nama sebagai sebuah simpul dan hubungan arus yang berpotongan sebagai sebuah sisi antara arus yang berpotongan tersebut.



Gambar 2.2 Representasi arus dalam graf

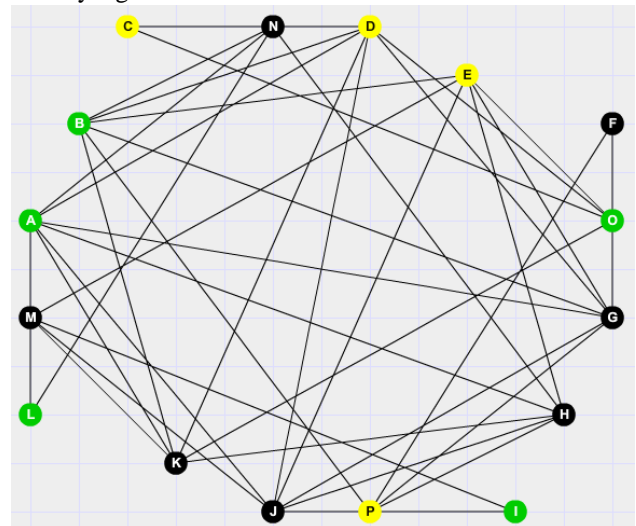
Pewarnaan graf dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma Welch-Powell. Pertama-tama urutkan simpul dari yang derajatnya paling besar ke paling kecil. Didapatkan urutan simpul tersebut adalah A, D, G, J, B, E, H, K, M, N, O, P, C, F, I, L. Kemudian pewarnaan

tersebut dimulai dari simpul dengan derajat paling besar, yaitu A kita beri sebuah warna, dalam hal ini penulis menggunakan warna hijau sesuai warna arus A. Kemudian warnai semua simpul yang tidak bertetangga dengan A menggunakan warna yang sama. Pada tahap ini, simpul B, O, I dan L diberi warna hijau.



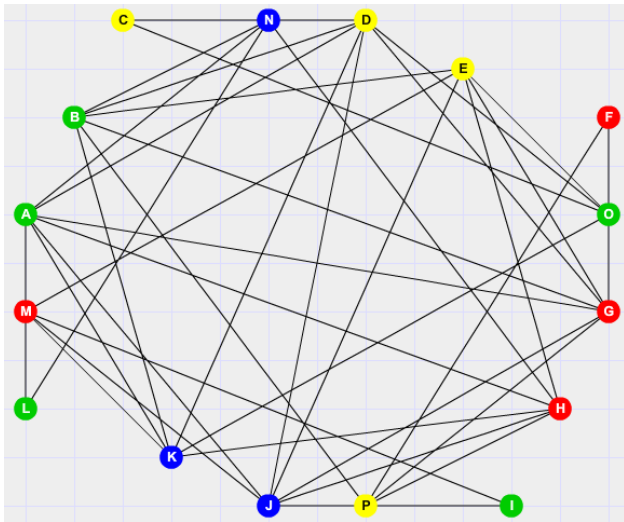
Gambar 2.3 Pewarnaan graf tahap satu

Simpul yang belum diberi warna (masih terurut mengecil sesuai derajat): D, G, J, E, H, K, M, N, P, C, F. Selanjutnya dicari lagi simpul dengan derajat paling besar yang belum diberi warna yaitu D. Kemudian simpul D diberikan sebuah warna, dalam langkah ini penulis menggunakan warna kuning. Sama seperti langkah sebelumnya kita mewarnai juga simpul yang tidak bertetangga dengan D menggunakan warna yang sama yaitu kuning. Pada tahap ini, simpul E, P dan C kita beri warna kuning sehingga tersisa simpul G, J, G, K, M, N dan F yang belum diberi warna.



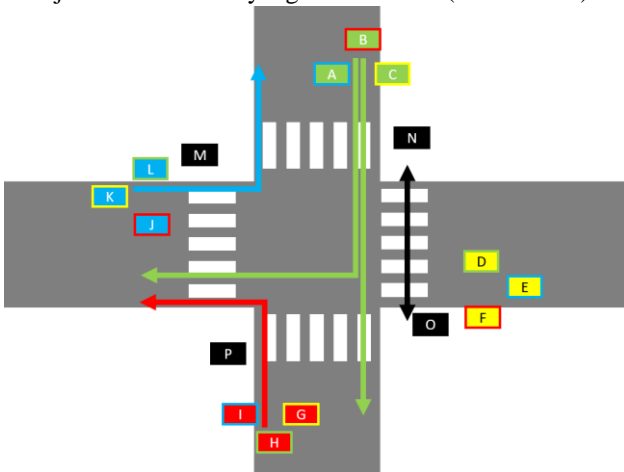
Gambar 2.4 Pewarnaan graf tahap dua

Langkah tersebut diulang hingga tidak ada lagi simpul yang belum memiliki warna. Langkah selanjutnya akan memberi warna merah pada simpul F, G, H dan M. Kemudian langkah terakhir akan memberi warna biru pada simpul J, K dan N.



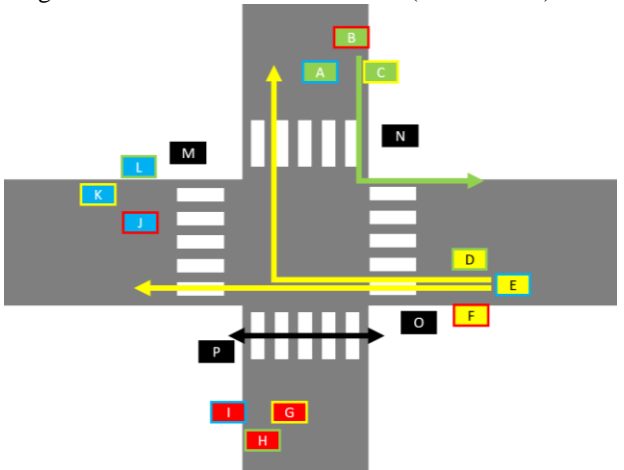
Gambar 2.5 Hasil akhir pewarnaan graf

Dari hasil pewarnaan graf tersebut didapatkan bahwa bilangan kromatik graf adalah 4 karena memiliki 4 warna yaitu merah, kuning, biru dan hijau. Dari kesimpulan tersebut, dapat dikatakan bahwa jumlah fase paling sedikit untuk membuat sebuah siklus lalu lintas adalah 4 fase di mana pada fase pertama, arus A, B, I, L dan O dapat melaju sementara arus yang lain berhenti (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Fase pertama

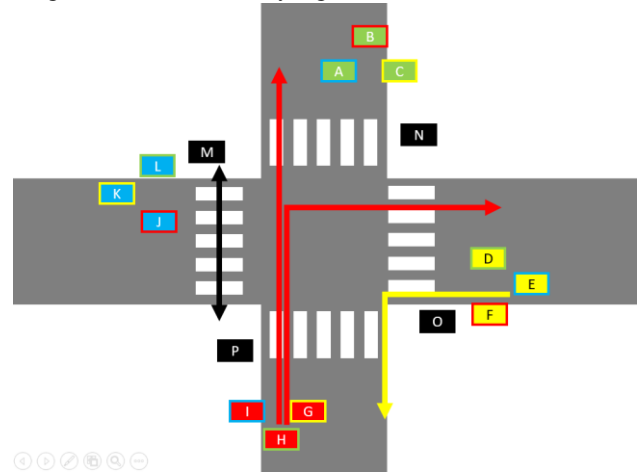
Sementara pada fase kedua, Arus, C, D, E dan P bergerak sementara arus lain berhenti (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Fase kedua

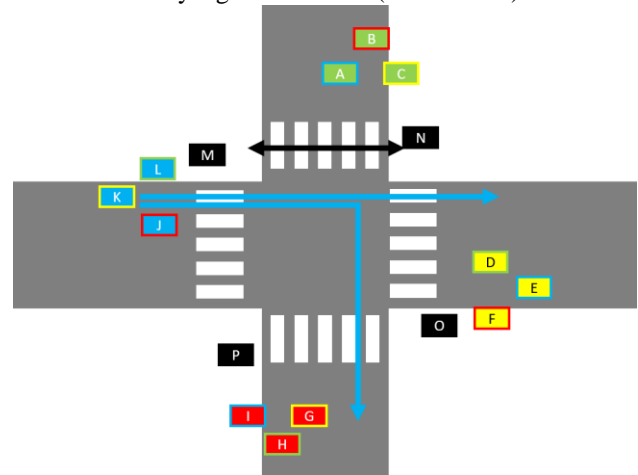
Kemudian pada fase ketiga, arus F, G, H dan M

bergerak sementara arus yang lain berhenti (Gambar 2.8).



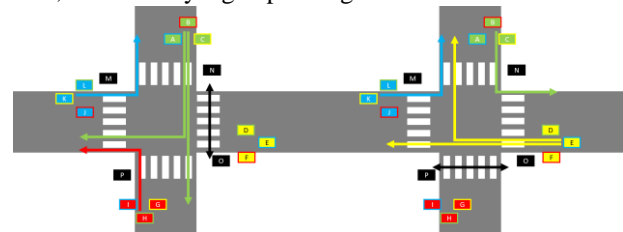
Gambar 2.8 Fase ketiga

Terakhir, pada fase keempat Arus J, K dan N bergerak sementara arus yang lain berhenti (Gambar 2.9).

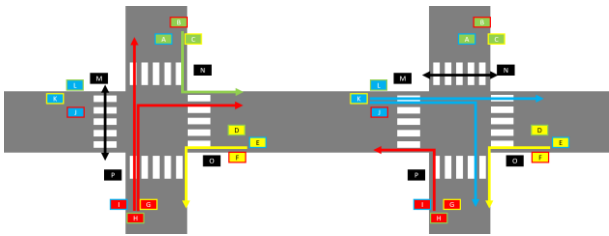


Gambar 2.9 Fase keempat

Namun, bila ditinjau lebih lanjut lagi sebenarnya ada arus yang dapat berjalan di dua fase tanpa mengganggu keteraturan lalu lintas sehingga dapat dihasilkan fase yang lebih efisien karena memperbanyak jumlah arus yang dapat bergerak tiap fasenya. Misalnya pada fase kedua dapat kita tambahkan arus L. Kemudian pada fase ketiga dapat kita tambahkan arus C. Terakhir, pada fase keempat dapat kita tambahkan arus F dan I sehingga untuk setiap fase, ada 5 arus yang dapat bergerak.



Gambar 2.10 Fase satu dan dua setelah efisiensi



Gambar 2.11 Fase tiga dan empat setelah efisiensi

IV. KESIMPULAN

Sebagian masalah yang ada dalam kehidupan sehari-hari dapat diselesaikan dengan menggunakan teori-teori matematika diskrit. Salah satunya adalah penyelesaian masalah pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas yang dapat diselesaikan dengan teori pewarnaan simpul dalam graf.

Teori pewarnaan simpul dalam graf yang digunakan belum sepenuhnya menyelesaikan masalah pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas namun sudah sangat membantu dalam membuat dasar dari pengaturan tersebut yang kemudian dilakukan penalaran lanjut oleh tenaga manusia.

Masalah pengaturan alat pemberi isyarat lalu lintas dengan empat persimpangan dengan adanya penyebrang jalan dapat diselesaikan dengan teori pewarnaan simpul graf dengan jumlah fase empat buah dan rata-rata arus bergerak tiap fasenya adalah empat. Namun, dengan bantuan penalaran manusia dapat dikembangkan menjadi lebih efisien sehingga rata-rata arus bergerak tiap fasenya menjadi lebih tinggi yaitu lima arus.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur atas rahmat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis berhasil menyelesaikan makalah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. selaku dosen mata kuliah Matematika Diskrit yang telah memberikan ilmu untuk menyelesaikan makalah ini.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. Matematika Diskrit, Bandung : Informatika, 2006.
- [2] UU Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, <http://hubdat.dephub.go.id/uu/288-uu-nomor-22-tahun-2009-tentang-lalu-lintas-dan-angkutan-jalan/download>
Diakses 9 Desember 2016.
- [3] Syakur, Abdus. Teori dan Algoritma Graph, http://rifki_kosasih.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/37597/PEWARNAAN+GRAF.pdf
Diakses 9 Desember 2016.
- [4] Muktyas, Indra Bayu, Aplikasi Pewarnaan Graf pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas, https://www.researchgate.net/publication/265294578_Aplikasi_Pewarnaan_Graf_pada_Pengaturan_Lampu_Lalu_Lintas
Diakses 9 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, 8 Desember 2015

Mikhael Artur Darmakesuma - 13515099