

ALGORITMA BRANCH AND BOUND UNTUK MENDETEKSI CLIQUE PADA KECAMATAN SYIAH KUALA KOTA BANDA ACEH

Wiwin Apriani^{1*}, Nurhayati²

¹Prodi Teknik Komputer, Universitas Sains Cut Nyak Dhien

²Prodi Pendidikan Matematika FKIP, Universitas Almuslim

Submitted: February 18, 2024

Revised: April 8, 2024

Accepted: May 20, 2024

*Corresponding author. Email: wiwina10@gmail.com

Abstrak

Kota Banda Aceh merupakan ibu kota provinsi Aceh yang memiliki akses jalan yang sangat banyak, baik itu jalan utama maupun jalan-jalan kecil yang menghubungkan antar desa (Gampong). sehingga perlu mengetahui daerah-daerah mana saja yang memiliki akses jalan yang banyak agar tidak terjadi perulangan melintasi jalan yang sama apabila ingin berpindah dari suatu daerah ke daerah lainnya. Oleh sebab itu perlu mengelompokkan daerah-daerah mana saja yang langsung terhubung dan membentuk cycle (clique) dan mencari kelompok yang bernilai maksimum berdasarkan nilai jarak yang dimiliki masing-masing kelompok, yang disebut sebagai clique maksimum. Selanjutnya dilakukan pencarian clique maksimum dimana masing-masing kelompok clique akan dicatat jumlah verteks yang saling terhubung satu sama lain dan akan diperoleh clique dengan jumlah verteks paling banyak (Maksimum). Proses ini disebut sebagai proses bounding. Pada kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh diperoleh clique sebanyak 3 buah yaitu 2 buah clique berukuran 4 {E, G, F, H}, {E, G, F, D}, dan 1 buah clique berukuran 3 {E, G, I}. Clique maksimum yang diperoleh ialah clique dengan ukur 4 dimana jumlah verteks yang saling terhubung ialah 4 buah verteks. Pada penelitian ini juga diperoleh clique maksimal EGFDF yaitu clique maksimum yang memiliki nilai bobot paling besar.

Kata Kunci: branch and bound algorithm, clique, maximal clique

Abstract

Banda Aceh City is the capital of Aceh province which has a lot of road access, both main roads and small roads that connect between villages (Gampong). and thus it is necessary to know which areas have many road access, so there won't be any repetition of crossing the same road if you want to move from one area to another. Therefore, it is necessary to classify which areas are directly connected and form a cycle (clique) and look for groups with maximum value based on the distance value owned by each group, which is called the maximum clique. Next, a maximum clique search is performed where each clique group will record the number of vertices connected to each other and the clique with the most number of vertices will be obtained (Maximum). This process is known as the bounding process. In the Syiah Kuala sub-district, Banda Aceh City, there were 3 clique namely 2 clique of size 4 {E, G, F, H}, {E, G, F, D}, and 1 clique of size 3 {E, G, I}. The maximum clique obtained is a clique of size 4 where the number of connected vertices is 4 vertices. In this study also obtained the maximum clique of EGFDF, that is the maximum clique that has the greatest weight value.A

Keywords: branch and bound algorithm, clique, maximal clique

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan nyata banyak ditemukan permasalahan yang dapat direpresentasikan dengan titik dan garis. Permasalahan tersebut dapat direpresentasikan sebagai sebuah diagram yang terdiri atas titik dan garis yang saling terhubung. Misal pada suatu daerah, andaikan tempat direpresentasikan sebagai titik, maka jalan yang menghubungkan antar wilayah tersebut direpresentasikan sebagai garis. Selain itu misal dalam kehidupan setiap orang memiliki hubungan saudara, baik saudara dekat maupun saudara jauh. Sehingga dalam ilmu matematika permasalahan-permasalahan yang memiliki hubungan tersebut dikenal dengan istilah graf.

Andai suatu graf G direpresentasikan sebagai suatu masalah yang terdiri dari titik (verteks) dan garis (edge), dimana setiap titik (verteks) saling terhubung oleh garis (edge). Sehingga pada suatu graf terdapat himpunan vertkes dan himpunan edge yang disimbolkan dengan (V, E) , dimana V adalah kumpulan verteks berhingga dan tidak kosong v_1, v_2, \dots, v_n , dan E adalah kumpulan edge yang menghubungkan sekumpulan verteks tersebut e_1, e_2, \dots, e_n . Dengan demikian permasalahan tersebut dapat dituliskan sebagai $G = (V, E)$. Suatu graf dikatakan mengandung clique jika setiap verteks saling terhubung oleh edge dan membentuk cycle, sehingga clique dikatan sebagai subset dari graf G . Clique merupakan subgraf lengkap tak berarah yang terdiri dari dua atau lebih vertek yang saling terhubung oleh edge. Salah satu permasalahan clique yang sering dibahas yaitu permasalahan clique maksimal. Persamaan clique maksimal merupakan suatu permasalahan untuk mencari clique dengan jumlah verteks paling banyak terhubung satu sama lain oleh sebuah edge dan membentuk cycle dalam suatu graf. Adapun pencarian clique maksimum telah banyak diterapkan pada bidang keilmuan seperti dalam dunia kedokteran, listrik, ekonomi, dan lain sebagainya. Pada suatu graf lengkap terdapat sedikitnya sebuah clique yang terbentuk dari dua buah verteks yang saling terhubung. Ada 4 masalah yang paling sering dijumpai dalam permasalahan clique yaitu pencarian clique maksimum, pencarian bobot maksimum, list clique maksimal, dan pemecahan masalah keputusan apakah suatu graf mempunyai subgraf (clique) dengan ukuran tertentu atau tidak (Aldou dan wilson 2000).

Cavique et al, (2002) menjelaskan bahwa algoritma clique merupakan suatu algoritma yang menggabungkan pengelompokan berdasarkan grid dan density. Selain itu menyatakan cavique et al menyelesaikan persamaan clique dengan menggunakan algoritma clique dengan menggunakan konsep pengelompokan. Selanjutnya dalam Konz (2007) menyelesaikan permasalahan maksimum clique dengan menggunakan algoritma dasar branch and bound dan algoritma pewarnaan. Sedangkan dalam Tomita dan Kameda (2007) mencari maximum clique dengan menggunakan algoritma branch and bound MCR dan menggunakan pendekatan pewarnaan, selanjutnya melakukan percobaan komputasi dengan menggunakan bahasa pemograman C. Dalam Mehotra dan Trick (1998) menyebutkan bahwa permasalahan clique merupakan suatu permasalahan NP-Complete dan klasik dimana untuk memperoleh penyelesaian secara eksak dan efisien dari setiap permasalahan sangat tidak mudah, sehingga untuk menyelesaikan permasalahan clique dan pengelompokan dengan menggunakan pendekatan kombinatorial coulum generation. Margiyani dan Mussafi (2014) menjelaskan aplikasi algoritma branch and bound untuk jalur pemadaman kebakaran Kota Yogyakarta. Selain itu Ningsih dan Khasanah (2018) membahas aplikasi algoritma branch and bound untk merekomendasikan objek wisata di Provinsi Jawa Barat.

Kota Banda Aceh merupakan ibu kota provinsi Aceh yang memiliki akses jalan yang sangat banyak, baik itu jalan utama maupun jalan-jalan kecil yang menghubungkan antar desa atau masyarakat Kota Banda Aceh menyebutnya sebagai Gampong. Oleh sebab itu perlu mengetahui daerah-daerah mana saja yang memiliki akses jalan yang banyak dan daerah-daerah yang akses jalannya terbatas. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi perulangan melintasi jalan yang sama apabila ingin berpindah dari suatu daerah kedaerah lainnya. Sehingga perlu mengelompokkan daerah-daerah mana saja yang langsung terhubung dan membentuk cycle, dalam teori graf dikenal sebagai clique. Dengan demikian peneliti merasa tertarik untuk mengetahui daerah-daerah mana saja yang memiliki kelompok dengan nilai jarak yang paling maksimum atau disebut sebagai clique maksimum. Dalam penelitian ini pencarian clique maksimum ialah dengan menggunakan algoritma branch and bound.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan salah satu Kecamatan yang ada di Kota Banda Aceh yaitu Kecamatan Syiah Kuala. Kecamatan Syiah Kuala diambil secara acak dari 9 Kecamatan yang ada di Kota Banda Aceh. Kota, yaitu Meuraxa, Kuta Raja, Jaya Baru, Baiturrahman, Banda Raya, Leung Bata, Kuta Alam, Ulee Kareng, dan Syiah Kuala. Gambar 1 menunjukkan peta kota banda aceh yang diperoleh dari Kota Banda Aceh dalam angka 2020 (<https://bandaacehkota.bps.go.id/publication>).



Gambar 1. Peta Kota Banda Aceh

Pada peta tersebut terlihat bahwa kecamatan syiah kuala terletak paling ujung kota banda aceh dan ditandai dengan warna orange. Kecamatan Syiah Kuala memiliki 10 buah gampong yaitu Deah Raya (A), Alue Naga (B), Tibang (C), Jeulingke (D), Lamgugop (E), Pineung (F), Prada (G), Ie Masen Kayee Adang (H), Rukoh (I), Kopelma Darussalam (J).

Selanjutnya untuk proses pengelompokan daerah-daerah yang padat dan yang tidak digunakan salah satu teknik pengelompokan dengan menggubakan algoritma branch and bound. Algoritma branch and bound merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk mencari clique dalam suatu grap lengkap. Adapun proses pencariannya dimulai dari clique yang berukuran kecil sampai clique yang berukuran besar sehingga diperoleh clique yang berukuran paling besar yang disebut Maksimum clique. Proses pencarian dengan menggunakan algoritma branch and bound, terlebih dahulu menginisialisasikan Q dan Q_{max} . Dimana Q merupakan kumpulan (kelompok) vertex yang saling terhubung membentuk clique dan Q_{max} merupakan clique yang ditemukan sementara dengan ukuran paling besar. Proses algoritma branch and bound pada suatu grap lengkap dimulai dengan mencari vertex-vertex yang saling terhubung dan membentuk clique Q . Proses ini disebut dengan proses branching. Setelah proses branching selesai, dilakukan perhitungan ukuran clique Q yang telah ditemukan pada proses branching. Selanjutnya clique dengan vertex terbanyak yang saling terhubung dan memperoleh ukuran paling besar dicatat sebagai Q_{max} , dan proses ini disebut sebagai proses bounding. Diberikan graf suatu G dengan n buah vertex, dimana himpunan vertex V saling terhubung oleh sebuah edge U , akan dicari clique Q dan Q_{max} dalam graf G dengan menggunakan algoritma dasar branch and bound. Penyelesaian pencarian clique dan clique maksimum dengan algoritma branch and bound dimulai dari himpunan kosong pada Q kemudian secara bertahap akan ditambah dan dihapus vertex-vertex dari Q pada G , hingga tidak ada lagi clique dengan vertex yang berukuran lebih besar. Selanjutnya memilih vertex v_i yang merupakan himpunan bagian dari V yang akan ditambah pada clique Q . Pada setiap langkah, akan diambil suatu vertex v_i yang merupakan anggota dari V dengan jumlah edge yang maksimal di $U(v)$ diantara vertex-vertex pada V . pada saat vertex v terpilih, maka vertex v akan dihapus dari V . $U(v)$ adalah upper bound untuk ukuran clique maksimum pada himpunan V . Jika jumlah dari $|Q| + U(v)$ lebih besar dari ukuran dari Q_{max} , maka vertex v akan ditambahkan ke himpunan Q . $\beta(v)$ merupakan himpunan semua vertex yang bertetangga dengan vertex v . Himpunan yang akan terbentuk ialah $V \cap \beta(v)$ dengan vertex-vertex yang saling terhubung dengan vertex U dan akan dijadikan parameter pada proses pencarian selanjutnya dengan prosedur MaxCique. Jika $V_v = \emptyset$ dan $|Q| > |Q_{max}|$ maka vertex-vertex dari Q akan dicatat pada Q_{max} . Algoritma selanjutnya akan melakukan backtracking dengan menghapus v dari Q dan kemudian memilih simpul selanjutnya dari V . Prosedur ini akan terus dijalankan sampai $V = \emptyset$. Berikut ini adalah pseudocode untuk algoritma branch and bound:

```

Procedure MaxClique(V,U)
while V tidak sama dengan  $\emptyset$  do
  pilih vertex  $v_i$  dengan jumlah edge maksimum  $U(v)$  dari himpunan V
   $V = V/\{v\}$  // vertek v dihapus dari V
  if  $|Q| + U(v) > |Q_{max}|$  then
     $Q = Q \cup \{v\}$ ;
  if  $V \cap \beta(v)$  tidak sama dengan  $\emptyset$  then
    MaxClique( $V \cap \beta(v)$ , U);
  else if  $|Q| > |Q_{max}|$  then
     $Q_{max} = Q$ ;
   $Q = Q/\{v\}$  // vertek v dihapus di Q
  else return
end while

```

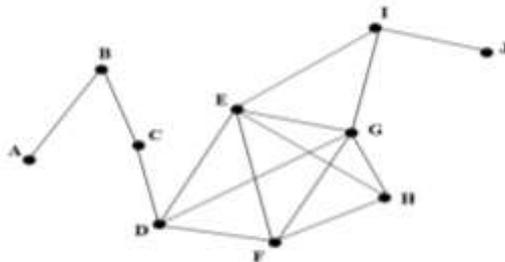
3. Hasil dan Pembahasan

Pada Kecamatan Syiah Kuala memiliki 10 buah gampong yaitu Deah Raya (A), Alue Naga (B), Tibang (C), Jeulingke (D), Lamgugop (E), Pineung (F), Prada (G), Ie Masen Kayee Adang (H), Rukoh (I), Kopelma Darussalam (J). Selanjutnya nama-nama desa tersebut dapat disajikan kedalam matriks adjacency yang berukuran $n \times n$, dimana akan bernilai 1 jika antar desa tersebut langsung terhubung, dan bernilai 0 jika tidak langsung terhubung. Adapun matriks adjacency yang diperoleh adalah sebagai berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
D	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
E	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
F	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
G	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
H	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
I	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Gambar 2. Matriks adjacency berukuran 10×10

Berdasarkan matriks adjacency pada gambar 2 diperoleh bentuk graf sebagai berikut:



Gambar 3. Graf nama-nama gampong pada Kecamatan Syiah Kuala

1. Mendeteksi Clique dengan algoritma branch and bound

Dari graf diatas maka kita dapat mendefinisikan graf $G = (V,U)$, dimana V merupakan himpunan vertek, $V = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J\}$ dan U merupakan edge yang menghubungkan antar tiap vertex tersebut. Hal pertama yang dilakukan yaitu membuat variabel $Q = \{\}$ dan $Q_{max} = \{\}$. Selanjutnya didefinisikan suatu himpunan U yang akan bernilai $U(v)$ dimana v merupakan salah

satu verteks pada graf G. Himpunan U merupakan edge yang menghubungkan tiap vertek, kemudian menerapkan metode percabangan pada verteks yang saling terhubung dengan sebuah edge sampai semua verteks melalui pengecekan percabangan. Selanjutnya mencari clique dan maksimum clique dengan menggunakan algoritma dasar branch and bound. Jika nilai V tidak sama dengan himpunan kosong, maka diambil verteks v dari V yang memiliki cabang maksimum. Pada gambar 1 diketahui verteks yang memiliki cabang maksimum yaitu verteks E, dan G, selanjutnya dipilih secara sembarang satu vertek yang memiliki cabang maksimum tersebut yaitu vertex E. Sehingga diambil verteks E dan akan dihapus dari himpunan V. Selanjutnya himpunan V bersisa $V = \{A, B, C, D, F, G, H, I, J\}$. Vertek E akan ditambahkan pada himpunan clique C sehingga $C = \{E\}$ dan didefinisikan $\beta(E) = \{D, F, G, H, I\}$. sehingga diperoleh $V \cap \beta(E) = \{D, F, G, H, I\}$ dan tidak sama dengan himpunan kosong maka program secara rekursif menjalankan proses algoritma maxclique dengan parameter masukan maxclique yaitu $(V \cap \beta(E), U)$.

Selanjutnya, karena $V \cap \beta(v) = \{D, F, G, H, I\}$ tidak sama dengan himpunan kosong maka verteks G akan diambil karena memiliki cabang yang maksimum dibandingkan verteks lainnya. Dengan demikian vertek G dihapus dari $V \cap \beta(E)$ sehingga $V \cap \beta(E)$ sekarang bernilai $\{D, F, H, I\}$. Kemudian verteks G akan ditambahkan pada himpunan Q sehingga diperoleh $Q = \{E, G\}$. selanjutnya didefinisikan $\beta(G) = \{D, F, H, I\}$. Sehingga diperoleh $V \cap \beta(E) \cap \beta(G) = \{D, F, H, I\}$ yang tidak sama dengan himpunan kosong maka program akan memasuki proses rekursif kembali dengan parameter masukan MaxClique (V, U) dengan $V = V \cap \beta(E) \cap \beta(G)$. Selanjutnya karena $V \cap \beta(E) \cap \beta(G) = \{D, F, H, I\}$ tidak sama dengan himpunan kosong maka diambil verteks F untuk dihapus dari $(V \cap \beta(E) \cap \beta(G))$ sehingga sekarang bernilai $\{D, H, I\}$. Kemudian verteks F akan ditambah pada himpunan Q sehingga diperoleh $Q = \{E, G, F\}$. Selanjutnya didefinisikan $\beta(F) = \{D, H\}$. Sehingga diperoleh $V \cap \beta(E) \cap \beta(G) \cap \beta(F) = \{D, H\}$ tidak sama dengan himpunan kosong maka diambil vertex D atau vertek H untuk ditambahkan pada himpunan Q. Sehingga diperoleh clique berukuran 4 yaitu $Q = \{E, G, F, H\}$ dan $Q = \{E, G, F, D\}$. karena $V \cap \beta(H)$ dan $V \cap \beta(D)$ sama dengan himpunan kosong maka program akan melanjutkan ke intruksi

else if $|Q| > |Q_{max}|$ then
 $Q_{max} = Q;$

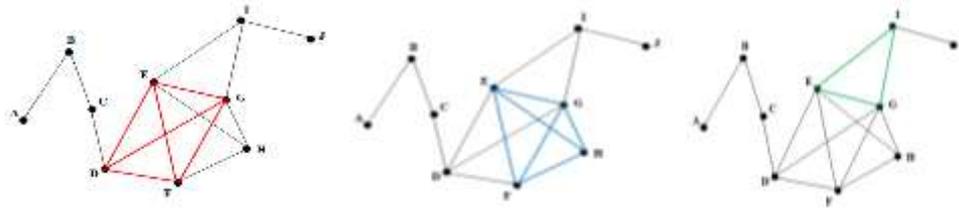
Karena jumlah $|Q| = 4 > |Q_{max}| = 0$, maka $Q_{max} = Q$ sehingga diperoleh nilai Q_{max} sementara bernilai $Q_{max} = \{E, G, F, H\}$ dan $Q_{max} = \{E, G, F, D\}$.

Karena $X = \{\}$, maka prosedur MaxClique (V, U) berakhir dan beralih kembali pada prosedur MaxClique $(V \cap \beta(E) \cap \beta(G), U)$, diperoleh $Q = \{E, G\}$. karena $V \cap \beta(E) \cap \beta(G) = \{D, F, H, I\}$ tidak sama dengan himpunan kosong maka diambil verteks I untuk dihapus dari $(V \cap \beta(G) \cap \beta(D))$ sehingga sekarang bernilai $\{D, F, H\}$. Kemudian verteks I akan ditambah pada himpunan Q sehingga diperoleh $Q = \{E, G, I\}$. Selanjutnya didefinisikan $\beta(I) = \{J\}$. Selanjutnya diperoleh Clique Q berukuran 3 yaitu $Q = \{E, G, I\}$, karena $V \cap \beta(I)$ sama dengan himpunan kosong maka program akan melanjutkan ke intruksi

else if $|Q| > |Q_{max}|$ then
 $Q_{max} = Q;$

Karena jumlah $|Q| = 3 > |Q_{max}| = 4$, maka $Q_{max} = Q$ sehingga diperoleh nilai Q_{max} berikutnya bernilai $Q_{max} = 4$ yaitu $Q_{max} = \{E, G, F, H\}$ dan $Q_{max} = \{E, G, F, D\}$. Begitu pula proses pencarian vertek-verteks untuk loop selanjutnya. Dan pada titik ini program akan kembali ke prosedur MaxClique (V, U). Begitu seterusnya sampai V mencapai himpunan kosong dimana semua himpunan V telah diperiksa.

Berdasarkan proses pencarian clique dengan menggunakan algoritma dasar branch and bound pada gambar 3 diatas diperoleh clique sebanyak 3 buah yaitu:

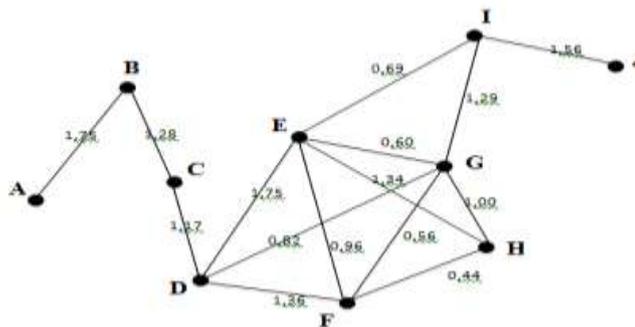


Gambar 4. Hasil pencarian Clique dari Gambar 3

Gambar 4(a) menunjukkan bahwa clique yang diperoleh yaitu $\{E, G, F, D\}$ yang berarti bahwa pada gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Jeulingke membentuk sebuah clique berukuran 4; Gambar 4(b) menunjukkan bahwa clique yang diperoleh yaitu $\{E, G, F, H\}$ yang berarti bahwa pada gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Ie Masen Kaye Adang membentuk sebuah clique berukuran 4; dan Gambar 4(c) menunjukkan bahwa clique yang diperoleh yaitu $\{G, E, I\}$ yang berarti bahwa pada gampong Prada, Lamgugop, dan Rukoh membentuk sebuah clique berukuran 3.

2. Mendeteksi clique maksimal pada graf berbobot

Pada permasalahan graf berbobot, proses pencarian clique hampir sama seperti pada proses pencarian graf tidak berbobot. Andaikan w_{ij} merupakan bobot pada edge $(i, j) \in U$ dalam suatu graf, maka pencarian *clique* untuk graf berbobot dapat menggunakan perhitungan jarak pada tiap percabangan. Pada proses ini bertujuan untuk memperoleh *clique* dengan jumlah bobot yang maksimum pada suatu graf. Untuk mencari clique pada graf berbobot proses dilakukan dengan menggunakan algoritma *branch and bound*. Misalnya pada graf gambar 3 diberi nilai jarak antar tiap verteknya yang merupakan nilai jarak antar tiap desa dalam kecamatan syiah kuala kota Banda Aceh (Dalam satuan kilometer). Selanjutnya diperoleh graf dengan nilai bobot w_{ij} sebagai berikut:



Gambar 5. Graf berbobot antar tiap Gampong

Pada bagian 1 telah dijelaskan pencarian clique dengan menggunakan algoritma *branch and bound* dan diperoleh 3 buah clique yaitu clique berukuran 4 sebanyak 2 buah $\{E, G, F, H\}$ dan $\{E, G, F, D\}$, serta clique yang berukuran 3 yaitu $\{E, G, I\}$. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai bobot pada masing-masing clique pada gambar 4. Adapun perhitungan nilai bobot clique tersebut berdasarkan jarak antar tiap verteks yang terdapat pada Gambar 5 yaitu: pada Gambar 4(a) diperoleh clique berukuran 4 yaitu $\{E, G, F, H\} = 0,60 + 0,56 + 0,96 + 1,34 + 0,44 + 1,00 = 4,9$; selanjutnya pada gambar 4(b) diperoleh clique berukuran 4 yaitu $\{E, G, F, D\} = 0,60 + 0,56 + 1,36 + 1,75 + 0,96 + 0,82 = 6,05$; dan pada gambar 4(c) diperoleh clique berukuran 3 yaitu $\{E, G, I\} = 0,69 + 1,29 + 0,60 = 2,58$.

Hal ini menunjukkan bahwa clique yang berukuran maksimum akan memiliki bobot yang maksimum pula. Jika terdapat 2 atau lebih clique yang berukuran maksimum, maka dicari jumlah bobot yang dimiliki masing-masing clique maksimum tersebut. Clique maksimum yang memiliki bobot paling besar disebut sebagai clique optimum. Adapun gampong-gampong yang membentuk clique ialah gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Jeulingke dengan jumlah nilai bobot sebesar 6,05; sedangkan gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Ie Masen Kaye Adang memperoleh

jumlah nilai bobot sebesar 4,9; dan gampong Prada, Lamgugop, dan Rukoh memperoleh jumlah nilai bobot sebesar 2,58. Dengan demikian pada contoh graf nama-nama desa di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh diketahui bahwa desa yang membentuk clique yang optimum yaitu Lamgugop, Prada, Pineung, dan Jeulingke.

4. Kesimpulan

Berdasarkan proses pencarian clique dengan menggunakan algoritma branch and bound pada peta kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh diperoleh clique sebanyak 3 buah yaitu {E, G, F, D} yang berarti gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Jeulingke membentuk clique berukuran 4; {E, G, F, H} yang berarti gampong Lamgugop, Prada, Pineung, dan Ie Masen Kaye Adang membentuk clique berukuran 4; dan {G, E, I} yang berarti gampong Prada, Lamgugop, dan Rukoh membentuk sebuah clique berukuran 3. Selanjutnya pada permasalahan graf berbobot, jumlah bobot maksimum diperoleh pada clique maksimum. Hal ini dikarenakan pada clique maksimum mengandung jumlah verteks dan edge yang paling banyak, sehingga secara otomatis akan diperoleh bobot yang maksimum. Jika terdapat 2 atau lebih clique maksimum, maka dicari jumlah bobot dari masing-masing clique maksimum tersebut. Clique maksimum yang memiliki nilai bobot paling besar disebut clique optimum, sehingga diperoleh clique optimum yaitu Lamgugop, Prada, Pineung, dan Jeulingke.

Daftar Pustaka

- Aldous, Joan., M., and Wilson, R., J. (2000). *Graph and Applications: An Introductory Approach*. Great Britain: Springer.
- Cavique, L., Rego, C., and Themido, I. (2002). A Scatter Search Algorithm for Maximum Clique Problem. in: *Essays and Surveys in Metaheuristics. Jurnal of Computer Science Interfaces Series*, 15, 227-244.
- Konc, J., and Janezic, D. (2007). An Improved Branch and Bound Algorithm for the Maximum Clique Problem. *Journal of Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, 58, 569-590.
- Margiyani, S., dan Mussafi, M., S., N. (2014). Aplikasi Algoritma Branch and Bound untuk Optimasi Jalur Pemadam Kebakaran Kota Yogyakarta. *Jurnal Fourier*, 3 (1), 59 – 66.
- Mehrotra, A., and Trick, A., M. (1998). Cliques and clustering: A combinatorial approach. *Journal of Elsevier: Operation Research letters*, 22, 1-12.
- Ningsih, R., E., dan Khasanah, N., F. (2018). Rekomendasi Objek Wisata Provinsi Jawa Barat dengan Algoritma Branch and Bound. *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer, System Embedded & Logic (Jurnal Piksel)*, 6 (1), 29 – 40.
- Tomita, E., and Kameda, T. (2007). An efficient branch and bound algorithm for finding a maximum clique with computational experiments. *J Glob Optim*, 37, 95 – 111.