

Optimalisasi Titik Pembocoran Perpipaan Air Minum Menggunakan Konsep Himpunan Dominasi Graf di Desa Lendola

Landerius Maro^{1*}, Chrisyantus Leto², Julminggu J. Selly³, Maktisen Ena⁴

^{1,4}Matematika, Universitas Tribuana Kalabahi, Alor, Indonesia

^{2,3}Teknik Informatika, Universitas Tribuana Kalabahi, Alor, Indonesia

Email: landeriusmaro@gmail.com, chrisyantusleto@gmail.com, nonaselly78@gmail.com, enatisen06@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: landeriusmaro@gmail.com

Abstrak—Pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi berdampak langsung terhadap kebutuhan air minum di wilayah Desa Lendola. Hal tersebut memicu persaingan antar masyarakat dalam upaya memperoleh air minum yaitu dengan membocorkan pipa air minum yang melewati rumah-rumah penduduk tanpa memperdulikan satu sama lain. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi kebocoran pipa air minum dan perancangan jaringan perpipaan di wilayah Desa Lendola dengan menerapkan himpunan dominasi pada graf. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menjelaskan suatu fenomena dengan menggunakan angka-angka yang menggambarkan karakteristik subjek yang diteliti. Jaringan perpipaan yang digunakan sesuai dengan kondisi aktual, kemudian direpresentasikan dalam bentuk graf lalu dicari himpunan dominasi untuk mendapatkan titik dominasi yang paling minimum. Hasil dari penelitian ini berupa adanya optimalisasi titik pembocoran pipa air minum yang mana dari 597 titik pembocoran menjadi 313 titik pembocoran. Dari titik pembocoran yang berkurang tersebut, kemudian dijadikan acuan dalam perancangan jaringan perpipaan air minum yang baru dengan melewati semua titik pembocoran tersebut di wilayah Desa Lendola.

Kata Kunci: Optimalisasi, Titik Pembocoran, Jaringan Perpipaan, Himpunan Dominasi, Graf

Abstract—Very high population growth has a direct impact on drinking water needs in the Lendola Village area. This triggers competition between communities in the effort to obtain drinking water, namely by leaking drinking water pipes that pass through people's homes without caring about each other. This study aims to optimize leakage of drinking water pipes and design of piping networks in the Lendola Village area by applying a domination set to the graph. The method used in this research is descriptive quantitative research method which aims to explain a phenomenon by using number that describe the characteristics of the subject under study. The piping network that is used according to actual conditions, then applied to the graph form then looks for the domination set to get the minimum domination node. The results of this study are in the form of optimization of drinking water pipe leak points, which from 597 leak points to 313 leak points. From the reduced leak points, it is then used as a reference in designing a new drinking water pipe network by passing through all the leak points in the Lendola Village area.

Keywords: Optimization, Leakage Point, Pipeline Network, Domination Set, Graph.

1. PENDAHULUAN

Artikel Teori graf merupakan pokok bahasan yang sudah tua usianya namun memiliki banyak terapan sampai saat ini. Graf digunakan untuk merepresentasikan objek – objek diskrit dan hubungan antara objek – objek tersebut [1]. Teori graf menjadi salah satu alat bantu yang banyak digunakan untuk memberikan gambaran suatu permasalahan sehingga dapat memudahkan untuk dimengerti, dipahami dan diselesaikan.

Suatu graf $G = (V(G), E(G))$ terdiri dari 2 himpunan berhingga yaitu : $V(G)$, adalah himpunan vertex atau simpul (*vertex*), biasa dinotasikan dengan V saja yaitu himpunan tak kosong dari simpul – simpul; dan $E(G)$, adalah himpunan sisi (*edge*), biasanya dinotasikan dengan E saja yaitu himpunan (mungkin kosong) dari sisi yang menghubungkan sepasang simpul [2][3][4].

Salah satu konsep yang dipelajari dalam teori graf adalah himpunan dominasi. Himpunan dominasi merupakan sebuah himpunan titik $D \subseteq V$ dalam sebuah graf $G = (V, E)$ yang memiliki ketentuan bahwa setiap titik $v \in V - D$ bertetangga dengan sekurang – kurangnya satu titik di dalam D . Bilangan dominasi $\gamma(G)$ adalah kardinalitas minimum dari sebuah himpunan dominasi dari G [5][6][7]. Studi tentang himpunan dominasi dimulai pada abad ke-19, dan sejak saat itu, himpunan dominasi digunakan untuk banyak aplikasi yang berbeda, diantaranya untuk memodelkan keterkaitan pada jaringan komunikasi komputer, teori jejaring sosial, dan masalah serupa lainnya. Pengkajian tentang himpunan dominasi dari graf khusus dan graf hasil operasinya telah dilakukan dan memperoleh beberapa hasil, diantaranya bilangan dominasi pada graf lintasan (P_n), graf siklus (C_n) dan graf lengkap (K_n), penjumlahan graf $K_3 + C_n$ dan $K_3 + P_n$, perkalian graf $C_n \times P_n$, korona graf $C_n \odot K_n$, dan shackle graf K_n , n [8].

Penerapan himpunan dominasi mencakup banyak aplikasi, salah satunya adalah masalah jaringan perpipaan air minum. Air merupakan salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup yang penting, tanpa air semua makhluk hidup akan mati. Dalam kehidupan sehari – hari manusia membutuhkan air. Oleh karena itu, perlu adanya sistem penyediaan air minum yang dapat memenuhi kebutuhan manusia dalam suatu wilayah. Air minum yang digunakan harus memenuhi standar kualitas agar air minum tersebut dapat dimanfaatkan. Sumber air dapat diperoleh dengan berbagai macam cara, salah satu cara yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidup adalah mengadakan jalur perpipaan air minum.

Persoalan pada air minum menjadi salah satu alternatif utama sekaligus menjadi salah satu permasalahan mendasar bagi wilayah atau kabupaten/kota yang sedang berkembang. Desa Lendola merupakan salah satu dari 16 desa dan kelurahan yang berada di Kecamatan Teluk Mutiara, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Desa Lendola memiliki sumber air yang ditransmisi atau disalurkan melalui jaringan perpipaan. Dalam menyalurkan atau mentransmisikan air melalui jaringan perpipaan, terdapat beberapa permasalahan yang mengakibatkan debit air yang disalurkan di setiap rumah tidak tersalurkan dengan baik.

Permasalahan – permasalahan pada penyaluran air minum melalui jaringan perpipaan dapat dilihat dan dirasakan langsung oleh warga masyarakat Desa Lendola. Permasalahan – permasalahan tersebut meliputi : meluasnya pemukiman masyarakat sehingga mengakibatkan penyaluran air minum tidak merata, terjadi kebocoran dan penyumbatan pada jaringan perpipaan baik itu secara disengaja maupun tidak disengaja. Hal tersebut mengakibatkan masalah kekurangan air bagi masyarakat yang jauh dari sumber air karena semakin jauh jarak rumah dengan sumber air atau semakin banyaknya cabang yang dilalui maka akan mempengaruhi jumlah pasokan air yang semakin kecil ke rumah – rumah masyarakat [9].

Sebagai upaya menyelesaikan masalah tersebut, perlu direncanakan adanya penerapan jalur perpipaan agar sumber air yang sudah ada dapat tersalur dengan baik, sehingga masyarakat dapat memenuhi kebutuhan air minum secara optimal. Salah satu cara untuk melakukan optimalisasi jaringan perpipaan yaitu dengan menerapkan teori graf, khususnya penerapan himpunan dominasi untuk mengoptimalkan titik pembocoran pipa air minum. Penerapan ini dilakukan pada satu titik sesuai dengan penerapan himpunan dominasi, kemudian disalurkan ke titik – titik lain yang didominasinya, sehingga air yang disalurkan melalui jaringan perpipaan tidak terbatas pada kebocoran dan semakin meluasnya pemukiman warga, namun dapat tersalur dengan baik di setiap rumah sehingga memberikan dampak positif bagi masyarakat, yaitu pemerataan dan optimalisasi penggunaan air minum sehingga tidak terjadi kesenjangan baik itu dari aspek sosial maupun ekonomi.

Penelitian terkait optimalisasi jaringan perpipaan air minum telah banyak dilakukan di antaranya : “Aplikasi algoritma Kruskal dalam pengoptimalan panjang pipa” [10], “Aplikasi algoritma Kruskal dan pembuatan saluran air PDAM di wilayah KLU” [11], dan “Penerapan konsep himpunan dominasi pada teori graf untuk optimalisasi jumlah kebocoran pipa air minum di Desa Mausamang, Kabupaten Alor” [12]. Ketiga penelitian tersebut berhasil menyelesaikan masalah optimalisasi jaringan perpipaan yang selanjutnya menjadi rekomendasi bagi pemerintah wilayah atau lembaga yang menjadi objek penelitian. Kendati demikian, penelitian untuk menyelesaikan masalah jaringan perpipaan air minum di wilayah Desa Lendola belum pernah dilakukan, sehingga perlu adanya suatu penelitian untuk menyelesaikan masalah tersebut.

Berdasarkan uraian masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah pembocoran pipa air minum di wilayah Desa Lendola, sehingga adanya pemerataan dalam pembagian jalur perpipaan dan debit air akan terus bertahan bahkan sampai pada titik rumah masyarakat yang paling ujung dilewati jalur perpipaan tersebut.

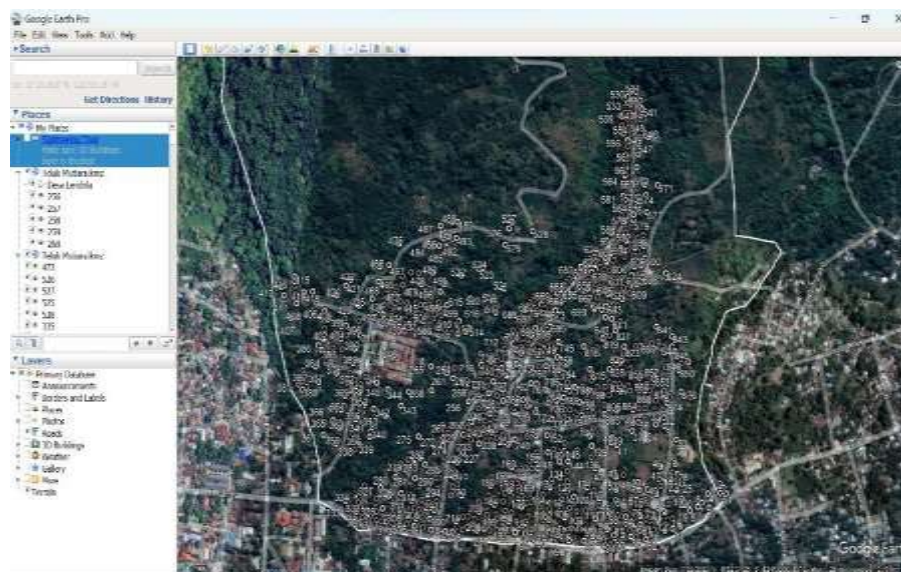
2. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Desa Lendola, Kecamatan Teluk Mutiara, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif merupakan penelitian yang mempunyai tujuan untuk mendeskripsikan suatu fenomena, peristiwa, gejala, dan kejadian yang terjadi secara faktual, sistematis, serta akurat. Fenomena dapat berupa bentuk, aktivitas, hubungan, karakteristik, serta persamaan maupun perbedaan antar fenomena. Metode penelitian deskriptif kuantitatif bertujuan untuk menjelaskan suatu fenomena dengan menggunakan angka yang menggambarkan karakteristik subjek yang diteliti. Adapun teknik yang akan dilakukan dalam penelitian ini diuraikan dalam langkah – langkah berikut ini: 1) Mengambil data berupa titik lokasi rumah masyarakat dan jarak antar rumah masyarakat, 2) Menentukan ketetanggaan antar rumah masyarakat dengan syarat dua atau lebih rumah dikatakan bertetangga apabila jaraknya tidak lebih dari 20 meter (≤ 20 meter), 3) Merepresentasikan data yang diperoleh ke dalam bentuk graf dengan mempertimbangkan ketetanggaan, 4) Menentukan himpunan dominasi dari graf yang terbentuk, 5) Memastikan bilangan dominasi dari graf tersebut. 6) Membuat solusi dari permasalahan dalam bentuk gambar jaringan perpipaan dengan mempertimbangkan himpunan dan bilangan dominasi yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data titik lokasi rumah dan jarak antar rumah diperoleh dengan bantuan *google earth* dan divalidasi dengan perolehan data di lapangan oleh tim peneliti. Data titik lokasi rumah di daerah pemukiman wilayah Desa Lendola dapat dilihat pada gambar 1.

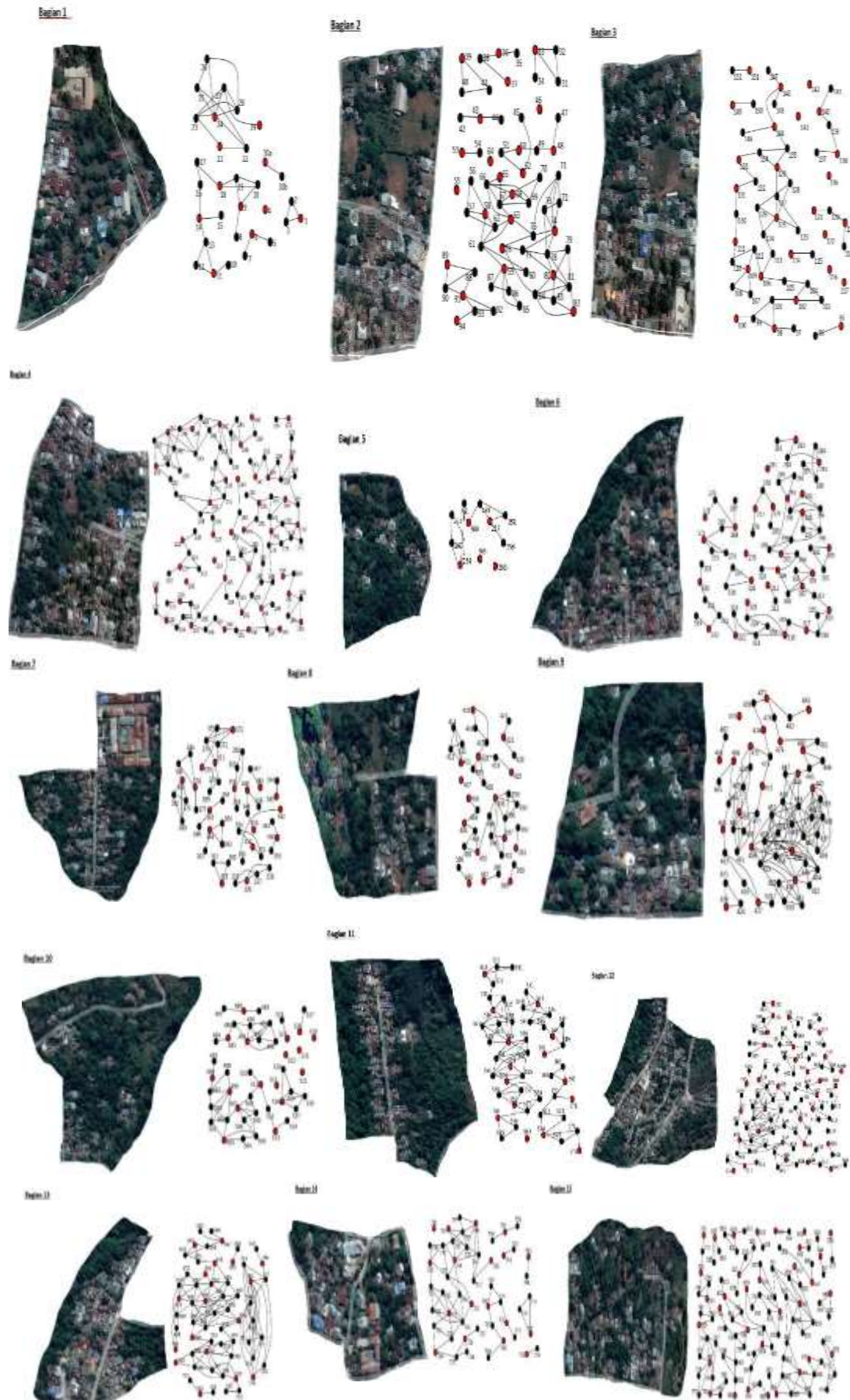


Gambar 1. Tampilan Data Titik Lokasi Rumah di Wilayah Desa Lendola pada Google Earth

Pada gambar 1 menunjukkan keadaan faktual yang terdapat di wilayah Desa Lendola (khususnya wilayah yang menjadi lokasi penelitian), yaitu Desa Lendola memiliki 879 titik rumah termasuk beberapa tempat umum di antaranya sekolah dan tempat ibadah. Selanjutnya berdasarkan hasil observasi terhadap jaringan perpipaan air minum di wilayah Desa Lendola, terdapat total 597 titik pembocoran pipa yang mana terdiri dari 564 titik pembocoran pada masing – masing titik rumah dan 33 titik pembocoran yang disebabkan oleh kerusakan jaringan pipa tersebut.

Mengingat bahwa wilayah Desa Lendola yang dijadikan sebagai lokasi penelitian sangat luas, maka gambar wilayah pemukiman yang diperoleh dibagi menjadi 15 bagian dengan rincian: bagian 1 terdapat 31 titik rumah dengan 21 titik pembocoran, bagian 2 terdapat 64 titik rumah dengan 35 titik pembocoran, bagian 3 terdapat 58 titik rumah dengan 32 titik pembocoran, bagian 4 terdapat 103 titik rumah dengan 70 titik pembocoran, bagian 5 terdapat 11 titik rumah dengan 8 titik pembocoran, bagian 6 terdapat 68 titik rumah dengan 43 titik pembocoran, bagian 7 terdapat 50 titik rumah dengan 29 titik pembocoran, bagian 8 terdapat 38 titik rumah dengan 23 titik pembocoran, bagian 9 terdapat 61 titik rumah dengan 40 titik pembocoran, bagian 10 terdapat 45 titik rumah dengan 31 titik pembocoran, bagian 11 terdapat 49 titik rumah dengan 32 titik pembocoran, bagian 12 terdapat 91 titik rumah dengan 66 titik pembocoran, bagian 13 terdapat 59 titik rumah dengan 39 titik pembocoran, bagian 14 terdapat 49 titik rumah dengan 41 titik pembocoran, dan bagian 15 terdapat 102 titik rumah dengan 87 titik pembocoran.

Langkah selanjutnya, 15 bagian wilayah tersebut diubah ke dalam bentuk graf dimana setiap titik rumah dijadikan sebagai titik graf dan setiap 2 rumah yang berjarak tidak lebih dari 20 meter (≤ 20 m) dihubungkan oleh sisi graf. Graf dari masing – masing bagian tersebut selanjutnya ditentukan himpunan dominasinya (titik berwarna merah) yang kemudian dijadikan sebagai titik pembocoran pada jaringan perpipaan air minum. Adapun himpunan titik dominasi yang diperoleh pada setiap bagian tersebut merupakan hasil dari penggunaan teknik sederhana dimana dilakukan dengan terlebih dahulu mengurutkan titik dengan derajat terbesar sampai pada titik dengan derajat terkecil, selanjutnya titik pertama dengan derajat terbesar diberi tanda sebagai titik dominasi, kemudian jika titik kedua sesuai urutan jika tidak bertetangga dengan titik pertama, maka tandai titik kedua sebagai titik dominasi, sebaliknya jika titik kedua bertetangga dengan titik pertama, maka dilanjutkan dengan titik ketiga sesuai urutan. Hal yang sama dilakukan untuk titik seterusnya sampai dengan titik yang terakhir. Gambar 2 berikut menunjukkan pembagian wilayah pemukiman di Desa Lendola ke dalam 15 bagian beserta dengan bentuk grafnya masing – masing dan penentuan himpunan dominasinya.



Gambar 2. 15 Bagian Wilayah Desa Lendola, Representasi ke Bentuk Graf, dan Penentuan Himpunan Dominasi

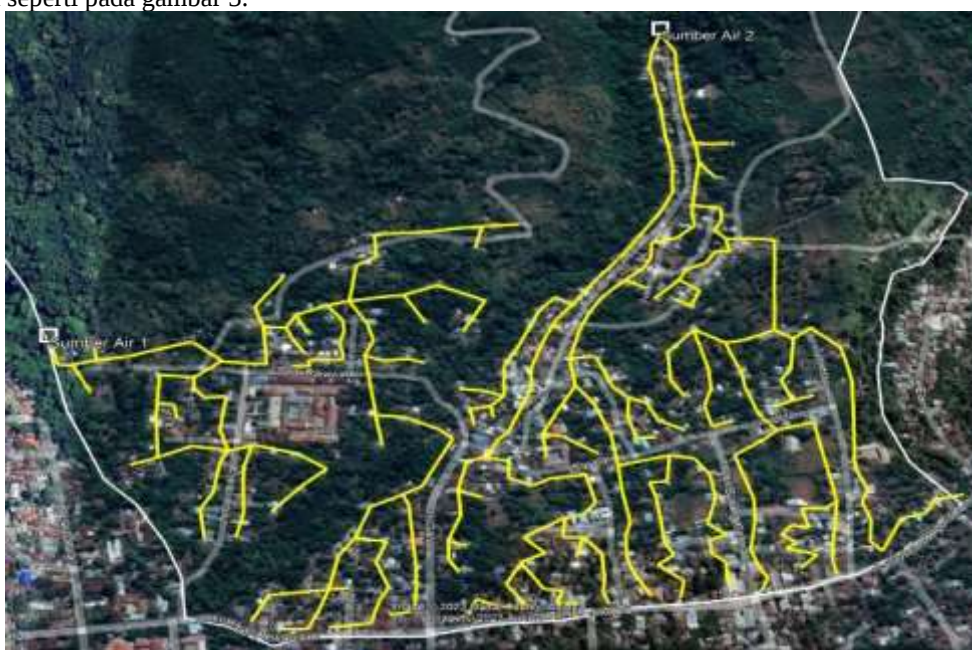
Gambar 2 menunjukkan 15 bentuk graf dengan masing – masing menghasilkan bilangan dominasi (jumlah minimum titik dominasi), yaitu bagian 1 menghasilkan 11 titik dominasi, bagian 2 menghasilkan 24 titik dominasi, bagian 3 menghasilkan 26 titik dominasi, bagian 4 menghasilkan 38 titik dominasi, bagian 5 menghasilkan 5 titik dominasi, bagian 6 menghasilkan 26 titik dominasi, bagian 7 menghasilkan 17 titik dominasi, bagian 8 menghasilkan 15 titik dominasi, bagian 9 menghasilkan 19 titik dominasi, bagian 10 menghasilkan 17 titik dominasi, bagian 11 menghasilkan 15 titik dominasi, bagian 12 menghasilkan 31 titik dominasi, bagian 13 menghasilkan 17 titik dominasi, bagian 14 menghasilkan 18 titik dominasi, dan bagian 15 menghasilkan 34 titik dominasi. Dengan demikian total keseluruhan titik dominasi dari ke-15 bentuk graf tersebut adalah 313 titik dominasi. Dari titik – titik dominasi yang diperoleh dari masing – masing graf tersebut, selanjutnya titik – titik dominasi tersebut dapat dijadikan sebagai titik pembocoran pipa dimana titik pembocoran tersebut dapat dialirkan untuk beberapa titik rumah yang didominasi oleh titik pembocoran tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat optimalisasi jumlah titik pembocoran pipa air minum di Desa Lendola yang mana secara rinci diperlihatkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Jumlah Titik Pembocoran Pipa Air Minum di Desa Lendola Sebelum dan Sesudah Penelitian

Bagian Wilayah Penelitian	Jumlah Titik Rumah	Jumlah Titik Pembocoran	
		Sebelum Penelitian	Sesudah Penelitian
Bagian 1	31	21	11
Bagian 2	64	35	24
Bagian 3	58	32	26
Bagian 4	103	70	38
Bagian 5	11	8	5
Bagian 6	68	43	26
Bagian 7	50	29	17
Bagian 8	38	23	15
Bagian 9	61	40	19
Bagian 10	45	31	17
Bagian 11	49	32	15
Bagian 12	91	66	31
Bagian 13	59	39	17
Bagian 14	49	41	18
Bagian 15	102	87	34
Total	879	597	313

Berdasarkan tabel 1, terdapat pengurangan jumlah titik pembocoran jaringan pipa air minum di Desa Lendola, yaitu dari 597 titik pembocoran menjadi 313 titik pembocoran. Hal ini secara langsung berdampak pada debit air yang akan dikeluarkan dari titik pembocoran juga mengalami pengurangan sehingga debit air akan terus terjaga sampai pada ujung jaringan perpipaan air minum tersebut.

Dengan demikian dari titik – titik pembocoran yang diperoleh, maka dapat dibuatkan jalur perpipaan air minum di wilayah Desa Lendola seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Jaringan Pipa Air Minum yang Melalui Titik Dominasi

Berdasarkan gambar 3, terdapat 2 jaringan perpipaan air minum yang terbentuk dari hasil penelitian ini, dimana masing – masing bersumber dari bak induk yang telah dimiliki oleh pemerintah Desa Lendola.

Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh yaitu terdapat 2 jaringan perpipaan air minum yang telah dirancang guna memenuhi kebutuhan air minum dari seluruh masyarakat di Desa Lendola dengan memperhatikan titik pembocoran pipa minimum seperti yang diperlihatkan oleh gambar 3, maka diharapkan hasil tersebut dapat dijadikan rekomendasi bagi pihak pemerintah Desa Lendola dalam merencanakan kembali jaringan perpipaan air minum sehingga dapat mengurangi titik pembocoran. Adapun catatan tambahan yang dapat disampaikan peneliti dengan melihat hasil penelitian dan guna keberhasilan hasil penelitian tersebut jika diimplementasikan, yaitu 1) Pemerintah desa diharapkan dapat mempertahankan 2 bak induk yang telah tersedia dengan terus merawat lingkungan sekitar. Kendati demikian peneliti sangat mengharapkan dukungan dari semua masyarakat Desa Lendola agar bijaksana dalam menggunakan hasil penelitian ini dengan tidak sembarang membuat pembocoran selain yang ditentukan pada hasil penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, yaitu adanya pengurangan titik pembocoran jaringan perpipaan air minum di Desa Lendola dari 597 titik pembocoran menjadi 313 titik pembocoran, maka dapat disimpulkan bahwa konsep himpunan dominasi pada teori graf dapat digunakan untuk mengoptimalkan titik pembocoran sekaligus dijadikan sebagai pertimbangan dalam pembuatan jaringan perpipaan air minum di wilayah Desa Lendola. Titik pembocoran yang diperoleh pada rancangan jaringan perpipaan air minum di wilayah Desa Lendola telah mengalami pengurangan yang signifikan sehingga air minum dapat terdistribusi dengan baik sampai pada rumah yang paling ujung dari jaringan perpipaan air minum tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kemendikbudristek yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan kegiatan penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu atau terlibat dalam kegiatan penelitian ini, khususnya Kepala Desa bersama Aparat dan Masyarakat Desa Lendola.

REFERENCES

- [1] R. Munir, *Matematika Diskrit (Revisi Keenam)*, 6th ed. Bandung: Informatika Bandung, 2016.
- [2] G. Chartrand and L. Lesniak, *GRAPHS AND DIGRAPHS*, Third Edit. Washington, D.C.: Chapman & Hall/CRC, 2000.
- [3] R. Diestel, *Graph Theory*, Electronic. New York: Springer - Verlag Heidelberg, 2005.
- [4] F. Daniel and P. N. L. Taneo, *Teori Graf*. Yogyakarta: Deepublish, 2019.
- [5] J. H. Hattingh and E. J. Joubert, "Restrained domination in cubic graphs," *J Comb Optim*, vol. 22, no. 2, pp. 166–179, Aug. 2011, doi: 10.1007/s10878-009-9281-2.
- [6] L. Maro, "Himpunan Dominasi Terkendali pada Korona Graf Lintasan dengan Graf Lintasan, Graf Siklus dengan Graf Siklus, dan Graf Lengkap dengan Graf Lengkap," *Program Studi Magister Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin Makassar (Tesis)*, 2017.
- [7] L. Maro and K. M. T. Djaha, "Penerapan Himpunan Dominasi pada Graf untuk Optimalisasi Pembocoran Pipa Air Minum di Kelurahan Kalabahi Barat," *Jurnal Kadikma (Matematika dan Pend. Matematika)*, vol. 13, no. 02, pp. 94–102, 2022, Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/kadikma/article/view/32374/12091>
- [8] Dafik and M. Roifah, "Kajian Himpunan Dominasi pada Graf Khusus dan Operasinya," *Jember*, 2014.
- [9] D. A. R. Wulandari and F. N. Arifin, "Penentuan Rute Terpendek Jalur Distribusi Air Artesis Menggunakan Kruskal," *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, vol. 2, no. 2, pp. 121–129, 2018, [Online]. Available: <http://ejurnal.tunasbangsa.ac.id/index.php/jsakti/article/download/72/67>
- [10] A. Z. Wattimena and S. Lawalata, "Aplikasi Algoritma Kruskal dalam Pengoptimalan Panjang Pipa," *Jurnal Barekeng*, vol. 7, no. 2, pp. 13–18, 2013, [Online]. Available: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/article/view/251>
- [11] D. Lastri, Masriani, N. Wulandari, P. Hidayatullah, W. U. Misuki, and M. U. Romdhini, "Aplikasi Algoritma Kruskal dalam Pembuatan Saluran Air PDAM di Wilayah KLU," *Eigen Mathematics Journal*, vol. 2, no. 1, 2019, [Online]. Available: <https://eigen.unram.ac.id/index.php/eigen/article/view/22/25>
- [12] L. Maro and O. H. Yopli, "Penerapan Konsep Himpunan Dominasi pada Teori Graf untuk Optimalisasi Jumlah Kebocoran Pipa Air Minum di Desa Mausamang, Kabupaten Alor," *Jurnal Saintek Lahan Kering*, vol. 4, no. 2, pp. 16–18, 2022, doi: 10.32938/slk.v4i2.1481.