

PENGUKURAN *CENTRALITY* PADA GRAF JARINGAN SERAT OPTIK PALAPA RING TIMUR II

Herlina Napitupulu^{1*}, Ema Carnia², Muhammad Deni Johansyah³

^{1,2,3}Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,

Email : herlina@unpad.ac.id¹, ema.carnia@unpad.ac.id², muhamad.deni@unpad.ac.id³

Abstrak

Kajian mengenai pengukuran *centrality* masih menjadi topik yang berkembang belakangan ini. Pengukuran sentralitas dapat juga diterapkan pada jaringan palapa. Pada penelitian ini ditentukan kota mana pada jaringan Serat Optik Palapa Ring Timur II terhubung yang memiliki sentralitas tertinggi dibandingkan kota-kota lainnya. Perhitungan dilakukan dengan mengukur empat buah sentralitas titik yakni *degree*, *closeness*, *betweenness*, dan *eigenvector*. Perhitungan dilakukan menggunakan software Python, dan syntax perhitungan diberikan pada paper ini. Keempat hasil sentralitas dengan masing-masing metode dibandingkan dan diperoleh kota-kota yang paling penting pada Jaringan Serat Optik Palapa Ring Timur II terhubung ini.

Kata Kunci: palapa ring timur, sentralitas, degree, betweenness, closeness, eigenvector

Abstract

The study of centrality measurement is still a developing topic recently. Centrality measures can also be applied to palapa networks. In this study, it was determined which city in the connected eastern palapa ring optic fiber network II which had the highest centrality compared to other cities. The calculation is done by measuring four types of centralities, namely degree, closeness, betweenness, and eigenvector. Calculations are done using Python software, and its syntax are given in this paper. The four centrality results from each type are compared and as a result, the most important cities in this eastern palapa ring optic fiber network II are obtained.

Keywords: eastern palapa ring, centrality, degree, betweenness, closeness, eigenvector

1. PENDAHULUAN

Teori graf merupakan salah satu dari cabang ilmu matematika yang banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari. Salah satu cabang dalam teori graf yang masih terus berkembang adalah Analisis Jaringan Sosial (*Social Network Analysis*) khususnya kajian mengenai *centrality measures* (pengukuran sentralitas). Kajian *centrality measures* misalnya diterapkan pada jaringan transportasi, Sustainable Development Goals, jaringan listrik dan lain-lain. Pada To (2015) misalnya dikaji mengenai *betweenness centrality* sebagai ukuran yang paling tepat untuk menunjukkan prioritas/kepentingan relatif suatu stasiun berdasarkan potensinya pada manajemen fasilitas strategis dan manajemen risiko dalam sistem kereta perkotaan. Pada paper Cheng et al. (2015) dikaji tentang penggunaan *centrality measures* untuk menentukan simpul kritis dalam

jaringan transportasi sehingga dapat meningkatkan desain jaringan serta menyusun rencana untuk mengatasi kegagalan jaringan (*network failure*). Riset lainnya yang terkait dengan *centrality measures* saat ini adalah dalam menentukan tujuan prioritas pada Sustainable Development Goals (SDGs) (Zhou & Moinuddin, 2016; Allen et al., 2019). Kaitan antara poin tujuan SDGs dinyatakan dengan graf dan *centrality* dihitung untuk menentukan tujuan mana yang paling prioritas. Sedangkan pada paper Wang et al. (2010) dianalisis distribusi *centrality* untuk mengidentifikasi simpul atau cabang penting pada sistem dalam hal kerentanan sistem jaringan listrik. Makna prioritas pada penerapan-penerapan *centrality measures* dapat dilihat dari berbagai sudut pandang, bergantung kepada tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, penulis menerapkan pengukuran sentralitas tersebut pada jaringan Serat Optik Palapa Ring Timur II yang terhubung.

Palapa Ring merupakan proyek pembangunan infrastruktur jaringan tulang punggung serat optic Nasional yang bertujuan untuk pemerataan akses pita lebar (Broadband). Proyek ini terdiri atas 7 (tujuh) lingkaran kecil serat optik yakni wilayah Sumatera, Jawa, Kalimantan, Nusa Tenggara, Papua, Sulawesi dan Maluku. Jaringan ini akan menjadi tumpuan semua penyelenggara telekomunikasi dan pengguna jasa telekomunikasi di Indonesia dan terintegrasi dengan jaringan milik penyelenggara telekomunikasi yang telah ada. Indonesia Timur memiliki sumber daya alam yang sangat kaya, namun karena masih minimnya infrastruktur telekomunikasi di wilayah ini, membuatnya tertinggal dibandingkan dengan wilayah lainnya seperti bagian Barat dan Tengah. Dengan adanya program pembangunan palapa ring ini, diharapkan Indonesia timur dapat mengejar perkembangan infrastruktur telekomunikasi, tidak ada lagi internet lambat, mahal, dan kebutuhan konektivitas terpenuhi, disamping itu mempercepat pembangunan dan pemerataan ekonomi di seluruh wilayah Indonesia (Admin, 2016).

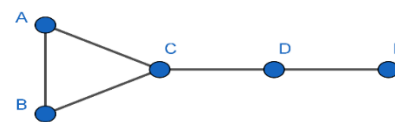
Pada penelitian ini diselidiki lokasi-lokasi mana saja pada Graf terhubung Jaringan serat optik Palapa Ring Timur II, yang dianggap paling sentral/ paling penting atau dengan kata lain memiliki nilai *Centrality*/sentralitas tertinggi. Pengukuran sentralitas (*centrality measure*) yang dilakukan adalah didasari pada empat tipe pengukuran sentralitas yang umum digunakan yakni degree centrality, closeness centrality, betweenness centrality, dan eigenvector centrality. Pada artikel ini juga diberikan *syntax* yang digunakan dalam menghitung nilai centrality masing-masing simpul dengan library NetworkX pada program Python.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Graf dan Graf berbobot (Gross, 2019)

Graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan simpul dan sisi, yang dinotasikan sebagai $G = (V, E)$, dimana V adalah himpunan tidak kosong dari simpul (*vertex*) dan E adalah himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan sepasang simpul. Suatu graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberikan suatu bobot. Gambar 1 merupakan contoh suatu graf dengan lima simpul dan lima sisi.

Gambar 1. Contoh Suatu Graf H



2.2. Centrality Measures

Secara umum, centrality measures (ukuran sentralitas) menentukan signifikansi relatif dari sebuah simpul dalam jaringan sosial (Christopher, 2013). Pada bagian ini dijelaskan secara rinci mengenai empat tipe centrality measures yang digunakan dalam menentukan simpul prioritas graf Jaringan Serat Optik Palapa Ring Timur II terhubung yakni *degree*, *betweenness*, *closeness*, dan *eigenvector centrality*.

2.2.1 Degree Centrality (Freeman, 1978)

Degree centrality digunakan dalam memperkirakan seberapa penting hubungan langsung antara simpul dengan simpul lainnya dalam jaringan yakni dengan menghitung nilai derajat simpulnya. Rumus perhitungan *degree centrality* pada suatu simpul v adalah:

$$C_D(v) = \frac{d(v)}{n-1}$$

dimana $d(v)$ merupakan banyaknya derajat dalam graf atau banyaknya interaksi yang dimiliki oleh simpul v dengan simpul lain dalam sebuah jaringan dan n adalah banyaknya simpul pada jaringan. Berikut adalah contoh perhitungan *degree centrality* untuk simpul A pada graf H .

$$C_D(A) = \frac{d(A)}{n-1} = \frac{2}{5-1} = 0.5$$

2.2.2 Closeness Centrality (Freeman, 1978)

Closeness centrality digunakan untuk menghitung jarak rata-rata antara suatu simpul dengan seluruh simpul lain di dalam jaringan atau dalam jejaring sosial dapat juga dimaknai sebagai suatu ukuran seberapa cepat penyebaran informasi ke semua simpul lainnya dapat dilakukan. Simpul dengan nilai closeness tinggi dianggap sebagai simpul pemberi pengaruh penting dalam penyebaran informasi pada jaringan. Formula dalam menghitung *closeness centrality* pada suatu simpul v adalah:

$$C_C(v) = \frac{n-1}{\sum_{t \in V} d(v,t)}$$

dimana $d(v, t)$ adalah jarak shortest path dari simpul v ke simpul t dan n adalah banyaknya simpul pada jaringan. Berikut adalah contoh perhitungan *closeness centrality* untuk simpul A graf H .

$$C_C(A) = \frac{4}{1 + 1 + 2 + 3} = 0.571429$$

2.2.3 Betweenness Centrality (Freeman, 1978)

Betweenness centrality menghitung seberapa sering sebuah simpul menjadi keantaraan/dilalui dari simpul lain untuk menuju ke sebuah simpul tertentu di dalam jaringan. Algoritme Dijkstra digunakan dalam penentuan *shortest path*. Rumus dalam menghitung *betweenness centrality* pada suatu simpul v adalah:

$$C_B(v) = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \sum_{s \neq t \neq v \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

dimana σ_{st} adalah banyaknya *shortest path* dari simpul s ke t dan $\sigma_{st}(v)$ banyaknya lintasan terpendek/*shortest path* dari simpul s ke t yang melewati simpul v . Berikut adalah contoh perhitungan *betweenness centrality* untuk simpul C pada graf H .

$$C_B(C) = \frac{2}{4 \cdot 3} \left(\frac{0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} \right) = 0.666666667$$

2.2.4 Eigenvector Centrality (Newman & Newman, 2010)

Eigenvector centrality merupakan pengukuran yang memberikan skor lebih tinggi pada simpul yang terhubung dengan simpul lain yang juga memiliki nilai keterhubungan tinggi dibandingkan dengan simpul dengan keterhubungan rendah. Formula untuk menghitung nilai *eigenvector centrality* dari suatu simpul v_i adalah sebagai berikut:

$$C_E(v_i) = x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n H_{i,j} x_j$$

Dimana suatu matriks adjacency H memiliki entri $H_{i,j}$ dan n adalah jumlah simpul pada graf H serta x adalah vektor eigen untuk nilai eigen dominan λ . Berikut adalah contoh perhitungan *eigenvector centrality* untuk simpul A pada graf H dimana nilai eigen dominannya adalah $\lambda = 2.214319744$ dengan vektor eigen bersesuaiannya ialah vec_{eigen} ,

$$vec_{eigen} = \begin{bmatrix} 1.451605963 \\ 1.451605963 \\ 1.762713781 \\ 0.9999999999 \\ 0.4516059628 \end{bmatrix}$$

$$C_E(A) = \frac{1}{2.214319744} (1.451605963) = 0.4971536808$$

3. METODE PENELITIAN

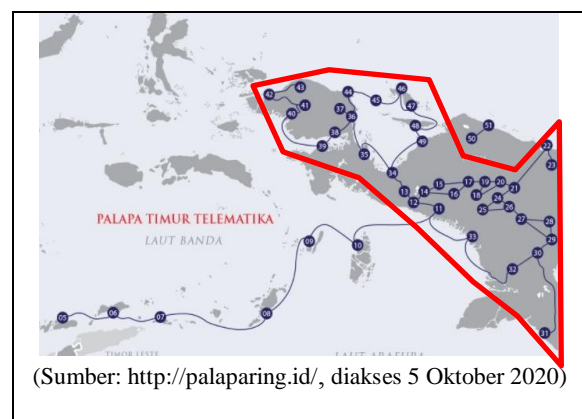
Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan studi literatur dan pengolahan data menggunakan software Python, kemudian melakukan penarikan kesimpulan dari hasil-hasil numerik yang diperoleh.

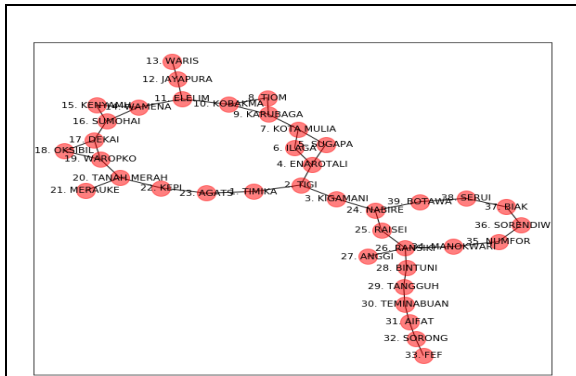
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah jalur backbone jaringan Palapa Ring Timur, dimana kota yang diamati adalah hanya kota yang saling terhubung oleh fiber optik saja. Dibentuklah graf yang merupakan representasi jaringan ini dimana kota yang terhubung direpresentasikan dalam simpul dan jaringan optik yang ada dinyatakan dalam sisi. Pada Gambar 2 disajikan gambar jaringan fiber optik Palapa Ring Timur yang saling terhubung, dengan mengganti nomor kota sehingga penomoran simpul dimulai dari angka 1 misalnya 11 menjadi 1, 12 menjadi 2 dan seterusnya sampai 49 menjadi 39. Untuk simpul yang saling terhubung, sisinya dianggap memiliki bobot 1 sedangkan yang tidak terhubung bobot sisinya bernilai 0.

Gambar 2. Gambar Jaringan Fiber Optik Palapa Ring Timur Terhubung





- | | | |
|------------------|--------------------|-------------|
| 1. Timika | 14. Wamena | 27. Anggi |
| 2. Tigi | 15. Kenyamh | 28. Bintuni |
| 3. Kigamani | 16. Sumohai | 29. Tangguh |
| 4. Enarotali | 17. Dekai | 30. |
| 5. Sugapa | 18. Oksibil | Teminabuan |
| 6. Ilaga | 19. Waropko | 31. Aifat |
| 7. Kota
mulia | 20. Tanah
merah | 32. Sorong |
| 8. Tiom | 21. Merauke | 33. Fef |
| 9. Karubaga | 22. Kepi | 34. |
| 10. | 23. Agats | Manokwari |
| Kobakma | 24. Nabire | 35. Numfor |
| 11. Elelim | 25. Raisei | 36. |
| 12. Jayapura | 26. Ransiki | Sorendiweri |
| 13. Waris | | 37. Biak |
| | | 38. Serui |
| | | 39. Botawa |

4.2. Hasil dan Pembahasan

Syntax untuk perhitungan keempat tipe *centrality measures* yang diberikan adalah menggunakan software Python versi 3.7 dengan paket *library* bernama NetworkX. Pada awal program, modul dipanggil dengan *command*: `import network as nx`. Graf didefinisikan dengan variabel *G*. Modul pada Python yang dapat dipanggil (`import`) untuk dapat menghitung nilai eigen dan vektor eigennya adalah `numpy`.

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import networkx as nx

N = 39 # Banyaknya simpul
G = nx.Graph()
G.nodes(), G.edges()
Node = ['1. TIMIKA', '2.
        TIGI', '3. KIGAMANI', '4.
        ENAROTALI', '5.
        SUGAPA', '6. ILAGA', '7.
        KOTA MULIA', '8.
        TIOM', '9. KARUBAGA', '10.
```

```
KOBAKMA', '11. ELELIM',
'12. JAYAPURA', '13.
WARIS', '14. WAMENA', '15.
KENYAMH', '16.
SUMOHAI', '17.
DEKAI', '18.
OKSIBIL', '19.
WAROPKO', '20. TANAH
MERAH', '21.
MERAUKE', '22. KEPI', '23.
AGATS', '24. NABIRE', '25.
RAISEI', '26.
RANSIKI', '27.
ANGGI', '28.
BINTUNI', '29. TANGGUH',
'30. TEMINABUAN', '31.
AIFAT', '32. SORONG',
'33. FEF', '34.
MANOKWARI', '35.
NUMFOR', '36.
SORENDIWERI', '37.
BIAK', '38. SERUI', '39.
BOTAWA']
```

```
Edge = [('1. TIMIKA', '2.
TIGI'), ('1. TIMIKA', '23.
AGATS'), ('2. TIGI', '3.
KIGAMANI'), ('2.
TIGI', '4.
ENAROTALI'), ('3.
KIGAMANI', '24. NABIRE'),
('4. ENAROTALI', '5.
SUGAPA'), ('4.
ENAROTALI', '6.
ILAGA'), ('5. SUGAPA', '7.
KOTA MULIA'), ('6.
ILAGA', '7. KOTA
MULIA'), ('7. KOTA
MULIA', '9.
KARUBAGA'), ('8.
TIOM', '10.
KOBAKMA'), ('9.
KARUBAGA', '8.
TIOM'), ('9.
KARUBAGA', '10.
KOBAKMA'), ('10.
KOBAKMA', '11.
ELELIM'), ('11.
ELELIM', '12.
JAYAPURA'), ('11.
ELELIM', '14.
WAMENA'), ('12.
JAYAPURA', '13.
WARIS'), ('14.
WAMENA', '15.
KENYAMH'), ('14.
```

```

WAMENA', '16.
SUMOHAI'), ('15.
KENYAMH', '16.
SUMOHAI'), ('16.
SUMOHAI', '17.
DEKAI'), ('17.
DEKAI', '18.
OKSIBIL'), ('17.
DEKAI', '19.
WAROPKO'), ('18.
OKSIBIL', '19.
WAROPKO'), ('19.
WAROPKO', '20. TANAH
MERAH'), ('20. TANAH
MERAH', '21.
MERAUKE'), ('20. TANAH
MERAH', '22. KEPI'), ('22.
KEPI', '23. AGATS'), ('24.
NABIRE', '25.
RAISEI'), ('24.
NABIRE', '39.
BOTAWA'), ('25.
RAISEI', '26.
RANSIKI'), ('26.
RANSIKI', '27.
ANGGI'), ('26.
RANSIKI', '28.
BINTUNI'), ('26.
RANSIKI', '34.
MANOKWARI'), ('28.
BINTUNI', '29.
TANGGUH'), ('29.
TANGGUH', '30.
TEMINABUAN'), ('30.
TEMINABUAN', '31.
AIFAT'), ('31.
AIFAT', '32.
SORONG'), ('32.
SORONG', '33. FEF'), ('34.
MANOKWARI', '35.
NUMFOR'), ('35.
NUMFOR', '36.
SORENDIWERI'),
('36. SORENDIWERI', '37.
BIAK'), ('37. BIAK', '38.
SERUI'), ('38.
SERUI', '39. BOTAWA')]
G.add_edges_from(Edge)

# Routine untuk menghitung
degree, closeness, dan
betweenness centrality
# menghitung degree centrality
CD = nx.degree centrality(G)
    
```

```

# menghitung closeness
centrality
CC = nx.closeness centrality(G)
# menghitung betweenness
centrality
CB =
nx.betweenness centrality(G)

# Routine untuk menghitung
eigenvector centrality
A = nx.to_numpy_matrix(G)
eigvals, eigvecs = la.eig(A)
eigvals = eigvals.real
eigvecs = eigvecs.real
SUM = 0
for i in range(39):
SUM = SUM + eigvecs[i,0]**2
CE =(eigvecs[:,0])/SUM**0.5
    
```

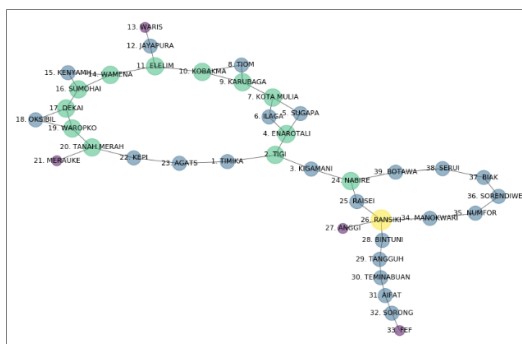
Tabel 1. Nilai *Centrality* untuk Keempat Tipe *Centrality Measures* Pada Simpul *v*

<i>v</i> (Kota)	$C_D(v)$	$C_C(v)$	$C_B(v)$	$C_E(v)$
1. Timika	0.05263	0.18627	0.25130	0.04790
2. Tigi	0.07895	0.2043	0.55998	0.07886
3. Kigamani	0.05263	0.19895	0.50071	0.04711
4. Enarotali	0.07895	0.19000	0.3146	0.03912
5. Sugapa	0.05263	0.17593	0.12921	0.12035
6. Ilaga	0.05263	0.17593	0.12921	0.02401
7. Kota Mulia	0.07895	0.16667	0.25486	0.11881
8. Tiom	0.05263	0.14286	0.00000	0.11881
9. Karubaga	0.07895	0.15768	0.23566	0.19207
10. Kobakma	0.07895	0.14961	0.1982	0.26747
11. Elelim	0.07895	0.14179	0.20673	0.21455
12. Jayapura	0.05263	0.12541	0.05263	0.29672
13. Waris	0.02632	0.11176	0.00000	0.29826
14. Wamena	0.07895	0.13287	0.10716	0.1326
15. Kenyah	0.05263	0.12102	0.00000	0.35499
16. Sumohai	0.07895	0.13194	0.09294	0.05042
17. Dekai	0.07895	0.13869	0.11285	0.27282
18. Oksibil	0.05263	0.13287	0.00000	0.36243
19. Waropko	0.07895	0.14615	0.15268	0.32524
10. Tanah Merah	0.07895	0.15447	0.20816	0.22539
21. Merauke	0.02632	0.13428	0.00000	0.26745
22. Kepi	0.05263	0.16239	0.20910	0.15268
23. Agats	0.05263	0.17273	0.22854	0.05806
24. Nabire	0.07895	0.19192	0.51920	0.07597
25. Raisei	0.05263	0.17757	0.36558	0.01287
26. Ransiki	0.10526	0.16522	0.39118	0.01114
27. Anggi	0.02632	0.14232	0.00000	0.00983
28. Bintuni	0.05263	0.14786	0.23471	0.00374
29. Tangguh	0.05263	0.13287	0.19346	0.00453

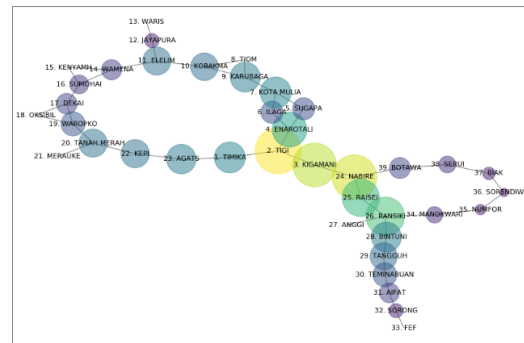
v (Kota)	$C_D(v)$	$C_C(v)$	$C_B(v)$	$C_E(v)$
20. Temina-buan	0.05263	0.11987	0.14936	0.00472
31. Aifat	0.05263	0.10857	0.10242	0.00209
32. Sorong	0.05263	0.09870	0.05263	0.00096
33. Fef	0.02632	0.09005	0.00000	0.00044
34. Manok-wari	0.05263	0.14615	0.07112	0.00020
35. Numfor	0.05263	0.13103	0.02845	0.00007
36. Sorendi-weri	0.05263	0.12795	0.01849	0.00257
37. Biak	0.05263	0.13523	0.04125	0.00204
38. Serui	0.05263	0.14729	0.07397	0.00279
39. Botawa	0.05263	0.16667	0.11664	0.00530

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa nilai tertinggi *centrality* simpul adalah berada pada lokasi Tigi dengan nilai 0.20430 untuk *closeness centrality* dan 0.55998 untuk *betweenness centrality*. Dengan kata lain Tigi merupakan lokasi yang paling sering dilalui dari atau ke lokasi lain dan jarak rata-ratanya dengan simpul lain paling dekat baik secara langsung maupun tidak langsung. Sedangkan untuk nilai tertinggi *degree centrality* simpul adalah pada lokasi Ransiki dengan nilai sebesar 0.10526, artinya lokasi ini paling banyak terhubung dengan simpul lainnya. Selain itu juga dilakukan perhitungan *eigenvector centrality*, dimana lokasi dengan nilai tertingginya adalah di lokasi Oksibil sebesar 0.36243. Perhitungan terakhir ini bermakna bahwa Oksibil adalah lokasi paling banyak terhubung dengan lokasi yang punya keterhubungan tinggi pula.

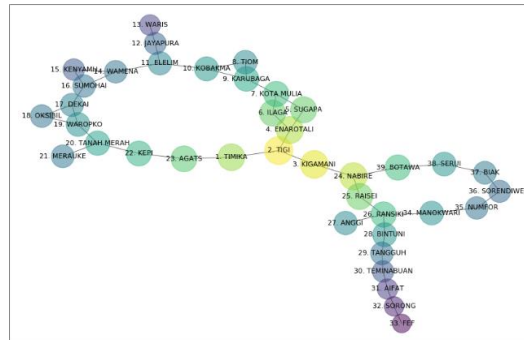
Hasil perhitungan keempat tipe *centrality* disajikan pula dalam graf pada Gambar 3 dimana ukuran node digambarkan proporsional dengan ukuran *centrality* masing-masing simpul. Berdasarkan hasil penelitian dapat diamati bahwa ketiga tipe pengukuran simpul prioritas dapat menghasilkan simpul prioritas yang berbeda untuk kasus Graf Jaringan Palapa Ring Timur terhubung ini.



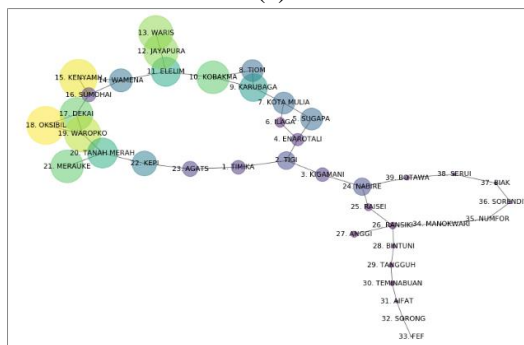
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. Graf Jaringan Serat Optik Palapa Ring Timur II terhubung dimana ukuran simpul proporsional dengan nilai *centrality*: (a) *Degree Centrality* (b) *Closeness Centrality* (c) *Betweenness Centrality* (d) *Eigenvector Centrality*

Hasil penelitian ini masih sangat sederhana. Penulis menyarankan penelitian lanjutan dilakukan dengan melibatkan bobot pada sisi graf, misalnya berupa panjang jalan atau batas kecepatan tertinggi pada jalan tertentu, akan memberikan hasil yang lebih dekat dengan permasalahan nyata dibandingkan dengan graf seperti pada penelitian saat ini.

5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan *centrality* untuk graf terhubung jaringan serat

optik Palapa Ring Timur II yang melibatkan 39 titik lokasi. Perhitungan empat jenis *centrality* dilakukan untuk menentukan kota-kota mana pada jaringan palapa timur yang memiliki sentralitas tertinggi dibandingkan kota-kota lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *centrality* simpul tertinggi untuk closeness dan *betweenness centrality* merupakan lokasi Tigi. Dapat diartikan bahwa Tigi merupakan lokasi yang paling sering dilewati dan juga lokasi inilah yang jarak rata-ratanya dengan simpul lain paling dekat baik secara langsung maupun tidak langsung. Nilai *degree centrality* tertinggi adalah pada lokasi Ransiki yang dapat diinterpretasikan sebagai lokasi yang paling banyak terhubung dengan lokasi lainnya. Terakhir adalah perhitungan *eigenvector centrality* nilai tertingginya ada pada lokasi Oksibil. Perhitungan terakhir ini dapat bermakna Oksibil adalah lokasi paling banyak terhubung dengan lokasi yang keterhubungannya juga tinggi.

Penelitian ini masih tergolong fundamental sehingga diharapkan penelitian lanjutan dimana bobot sisi graf dilibatkan, misalnya saja panjang jalan atau batas kecepatan tertinggi pada jalan tertentu, dan lain sebagainya. Hal ini tentunya akan memberikan hasil yang lebih relevan dengan permasalahan nyata dibandingkan dengan penelitian saat ini.

6. REFERENSI

- Admin. (2016). *Berita Palapa Ring: Penandatanganan Palapa Ring Timur* <http://palaparing.id/> (Diakses 5 September 2020)
- Allen, C., Metternicht, G., & Wiedmann, T. (2019). Prioritising SDG targets: assessing baselines, gaps and interlinkages. *Sustainability Science*, 14(2), 421–438. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0596-8> (Diakses 5 September 2020)
- Cheng, Y.-Y., Lee, R. K.-W., Lim, E.-P., & Zhu, F. (2015). *Measuring Centralities for Transportation Networks Beyond Structures*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19003-7_2 (Diakses 5 September 2020)
- Christopher, C. Y. (2013). Chapter 3 - Privacy-Preserving Social Network Integration, Analysis, and Mining, *Intelligent Systems for Security Informatics*, Academic Press pp 51-67
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social*

Networks, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7) (Diakses 5 September 2020)

- Gross, J. L. (2019). *Graph Theory and Its Applications 3rd Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Newman, M., & Newman, M. E. J. (2010). Mathematics of networks. *Networks*, 109–167.
- To, W. M. (2015). Centrality of an Urban Rail System. *Urban Rail Transit*, 1(4), 249–256. <https://doi.org/10.1007/s40864-016-0031-3> (Diakses 5 September 2020)
- Wang, Z., Scaglione, A., & Thomas, R. J. (2010). Electrical centrality measures for electric power grid vulnerability analysis. *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, 5792–5797. <https://doi.org/10.1109/CDC.2010.5717964> (Diakses 5 September 2020)
- Zhou, X. & Moinuddin, M. 2016 Review of the SDG Index and Dashboards: An example of Japan's global ranking results *IGES Work. Pap.* 32