

PENENTUAN PRIORITAS PADA JARINGAN BACK-BONE PALAPA RING MENGGUNAKAN DERAJAT NODE DAN CUT VERTEX

S. I. Pella¹, H. F. J. Lami²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Kupang, 85000, Indonesia

¹s.i.pella@staf.undana.ac.id, ²h.f.j.lami@staf.undana.ac.id

Abstract

Palapa Ring is a project aiming to connect provinces and cities in Indonesia via a high data speed telecommunication path. The purpose of this research is to identify the priority scale of each node in Palapa Ring Backbone network by considering the degree of each node and the cut vertices of the network. The result shows that the existing infrastructure in Palapa Ring comprised 48 nodes and 117 links. The nodes with the highest degree in the network were PBR, PTK, BJM, JK, SB and UP, with each of the nodes was connected to four links. Cut vertices in the network consisted of 22 nodes. The nodes in the network are classified into 4 categories. Five nodes (PBR, PTK, BJM, SB and UP) fell into the 1st priority group, two nodes (JK,MDN) fell into the 2nd priority group, 16 nodes fell into the 3rd priority group and the rest fell into the non priority group.

Keywords: Palapa Ring, Bottleneck, Node Priority, Cut Vertex, Node Degree

Abstrak

Palapa Ring adalah proyek yang bertujuan untuk menghubungkan provinsi dan kota di Indonesia melalui jalur telekomunikasi berkecepatan tinggi data. Tujuan dari penelitian penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi skala prioritas dari setiap node di jaringan backbone Palapa Ring dengan mempertimbangkan derajat setiap node dan cut vertex pada jaringan. Hasilnya menunjukkan bahwa infrastruktur yang ada di Palapa Ring terdiri dari 48 node dan 117 link. Node dengan derajat tertinggi dalam jaringan adalah PBR, PTK, BJM, JK, SB dan UP, dengan masing-masing node terhubung ke empat link. Cut vertex pada jaringan merupakan himpunan yang terdiri dari 22 node. Node dalam jaringan diklasifikasikan ke dalam 4 kategori. Lima node (PBR, PTK, BJM, SB, dan UP) masuk ke dalam kelompok prioritas pertama, dua node (JK, MDN) masuk ke dalam kelompok prioritas kedua, 16 node masuk ke dalam kelompok prioritas ketiga dan sisanya jatuh ke dalam kelompok non prioritas.

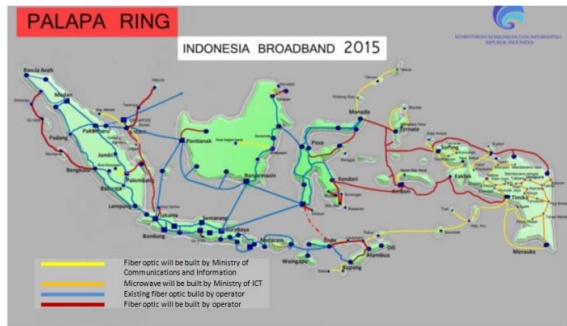
Kata Kunci: Palapa Ring, Bottleneck, Prioritas Node, Cut Vertex, Derajat Node

1. Pendahuluan

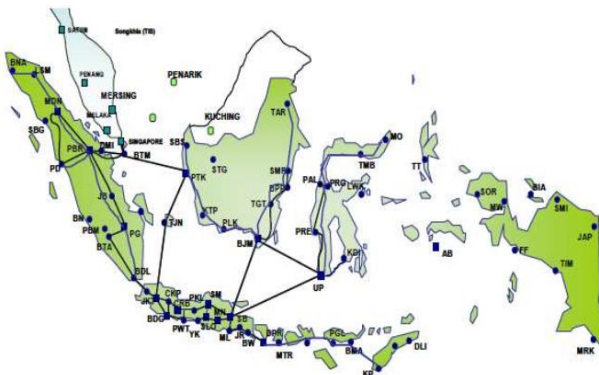
Jaringan Palapa Ring adalah jaringan data kecepatan tinggi yang direncanakan untuk menghubungkan 33 provinsi di Indonesia menggunakan kabel serat optik.

Backbone Palapa Ring direncanakan mempunyai kapasitas 320 GBPS [1]. Infrastruktur direncanakan dibangun dengan kerja sama antara pemerintah dan operator telekomunikasi, yaitu PT Telkom, PT Indosat dan PT Excelcomindo Pratama[2] [3].

Perancangan pembangunan Palapa Ring per tahun 2015 dapat di lihat pada Gambar 1. Jalur yang berwarna biru adalah jalur serat optik yang sudah terpasang per tahun 2015 . Jalur yang berwarna lainnya adalah jalur yang direncanakan akan dibangun oleh pihak operator telekomunikasi (merah) dan pemerintah (kuning dan oranye). Penelitian ini menggunakan data jalur yang sudah terpasang per tahun 2015. Topologi backbone palapa ring yang sudah terpasang per tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Proyek Palapa Ring[3]



Gambar 2 Palapa Ring Per Tahun 2015[2]

Penentuan bottleneck pada sebuah jaringan diperlukan untuk menentukan skala prioritas node-node dalam jaringan. Salah satu cara yang umum untuk mengidentifikasi bottleneck dalam sebuah jaringan adalah dengan menggunakan cut vertex [4-6]. Cut vertex adalah kelompok node dalam sebuah graph, yang apabila dikeluarkan dari graph tersebut akan mengakibatkan terjadinya partisi[7]. Selain mempunyai peran yang besar dalam menentukan konektivitas dalam jaringan, dalam sebuah jaringan telekomunikasi node-node yang termasuk dalam kelompok cut vertex juga pada umumnya berperan besar dalam menyalurkan trafik dari sebuah partisi jaringan ke partisi yang lain.

Selain menggunakan metode cut vertex sebagai penentu bottleneck dalam sebuah jaringan, metode umum dalam menentukan bottleneck pada sebuah jaringan adalah menggunakan derajat node-node dalam jaringan tersebut [8]. Sebuah node yang terhubung ke banyak link (derajat tinggi) menyalurkan lebih banyak trafik dari node yang terhubung ke sedikit link (derajat rendah).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas node-node pada jaringan Palapa Ring dengan mempertimbangkan bottleneck dalam jaringan berdasarkan derajat sebuah node dan apakah node tersebut merupakan cut vertex dalam jaringan. Berdasarkan data topologi jaringan Palapa Ring, penelitian ini kemudian akan mengelompokkan node-node yang ada dalam empat kelompok prioritas.

Struktur penulisan paper ini sebagai berikut. Bagian pertama mendiskusikan latar belakang dan tujuan dilakukannya penelitian. Bagian kedua membahas metode penelitian meliputi blok diagram penelitian dan kriteria untuk menentukan kelompok prioritas node dalam jaringan Palapa Ring. Bagian 3 menyajikan hasil penelitian dan pembahasan, diikuti oleh kesimpulan disajikan di bagian 4.

2. Metode Penelitian

2.1. Blok Diagram Penelitian

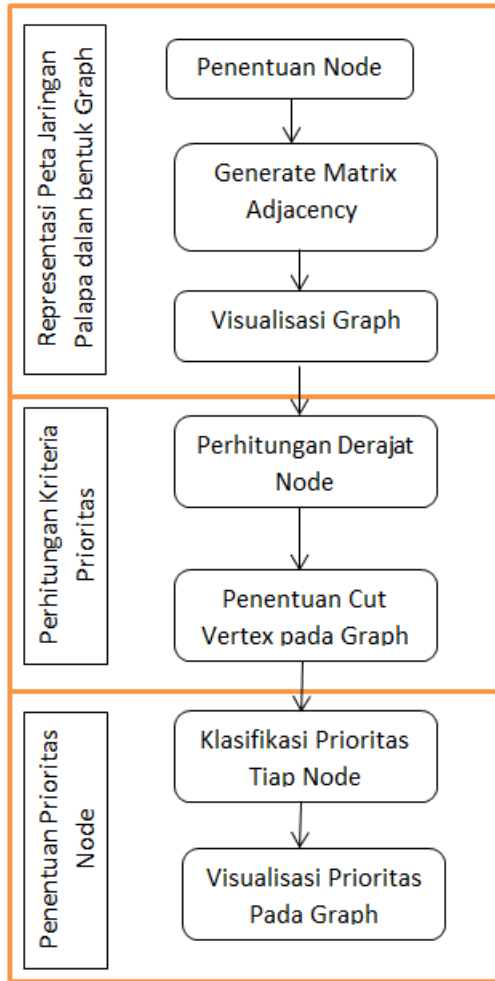
Secara umum langkah kerja dalam penelitian ini dibagi dalam 3 bagian seperti terlihat pada Gambar 3.

Pada bagian pertama, peta jaringan backbone palapa ring direpresentasikan dalam bentuk Graph $G(N, L)$. N adalah himpunan node yang ada pada graph merepresentasikan kota yang tergabung pada jaringan backbone Palapa Ring. L adalah link antar node merepresentasikan hubungan serat optik yang menghubungkan kota-kota yang tergabung pada jaringan backbone Palapa Ring. Keterhubungan dalam Graph $G(N,L)$ direpresentasikan dalam sebuah matriks yang dinamakan matriks Adjacency. Tahap berikutnya adalah visualisasi Graph $G(N,L)$

Pada bagian kedua, dilakukan perhitungan elemen-elemen yang menjadi kriteria penentuan prioritas sebuah node, yaitu derajat dari node tersebut dan apakah node tersebut merupakan cut vertex pada graph (N,L)

Pada bagian ketiga, berdasarkan hasil pada bagian kedua ditentukan prioritas setiap node dalam jaringan. Hasil klasifikasi node itu kemudian ditampilkan dalam bentuk visual dengan penggunaan

warna yang berbeda untuk node dengan prioritas yang berbeda.



Gambar 3 Blok Diagram Penelitian

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian adalah MATLAB R2011.

2.2. Kriteria Prioritas Node dalam Jaringan Backbone Palapa Ring.

Dalam penelitian ini digunakan 2 kriteria yang menentukan tingkat prioritas dari sebuah node sebagai berikut

- **Derajat node**, merupakan jumlah link yang terhubung node tersebut. Semakin banyak link yang terhubung dengan sebuah node semakin tinggi Prioritas sebuah node
- **Cut Vertex**, merupakan node yang apabila dikeluarkan dari graph akan menciptakan partisi dalam graph. Node yang merupakan

cut vertex memiliki prioritas yang lebih tinggi dari node yang bukan merupakan cut vertex.

Node dalam jaringan akan diklasifikasikan dalam empat skala prioritas sebagai berikut

- Prioritas 1 adalah node-node dengan derajat yang tinggi dan merupakan cut vertex
- Prioritas 2 adalah node-node dengan derajat yang sedang dan merupakan cut vertex atau dengan derajat yang tinggi tetapi bukan cut vertex
- Prioritas 3 adalah node-node dengan derajat yang rendah tetapi merupakan cut vertex
- Non-Prioritas adalah node-node dengan derajat yang rendah dan bukan merupakan cut vertex.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Konektivitas Node Jaringan Backbone Palapa Ring.

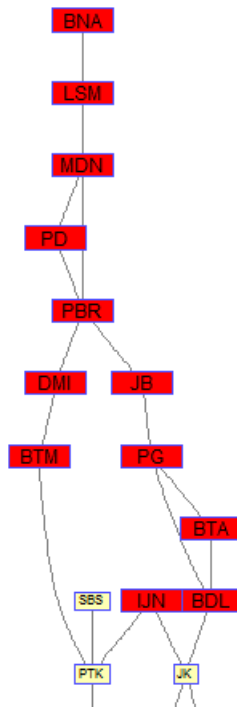
Berdasarkan Gambar 1, backbone jaringan palapa ring terdiri dari 48 node dan 117 link. Tabel 1 menunjukkan setiap node dan kota yang direpresentasikannya.

Tabel 1 Node dan Kota pada Jaringan Backbone Palapa Ring

Node	Kota	Node	Kota	Node	Kota
1	BNA	17	BJM	33	ML
2	SM	18	TGT	34	JR
3	MDN	19	BPP	35	BW
4	PD	20	SMP	36	DPR
5	PBR	21	TAR	37	MTR
6	DM	22	JK	38	BMA
7	BTM	23	CKP	39	PGU
8	JB	24	BDG	40	BWA
9	PG	25	CRB	41	KP
10	BTA	26	PWT	42	UP
11	BDL	27	PKL	43	KDI
12	IJN	28	SM	44	PRE
13	SBS	29	YK	45	PAL
14	PTK	30	SLO	46	PRG
15	KTP	31	MN	47	TMB
16	PLK	32	SB	48	MO

Matriks keterhubungan antar node dalam adalah matriks dengan ukuran 48 x 48 dengan 117 dari 2304 elemennya bernilai 1 dan elemen lainnya bernilai 0.

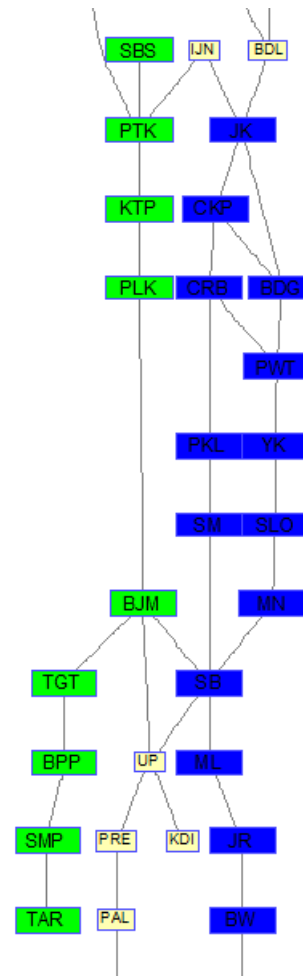
Visualisasi graph dari jaringan backbone Palapa Ring dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4 Visualisasi Graph Node Sumatra

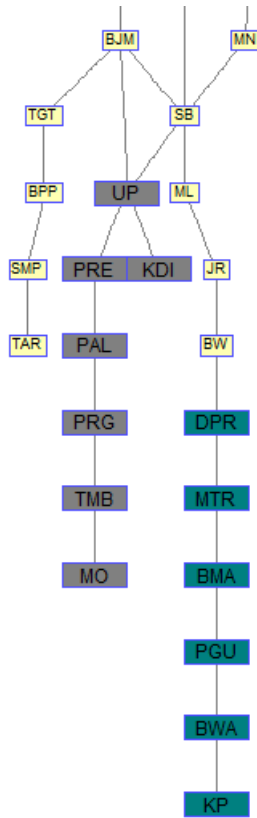
Gambar 4 menunjukkan graph node-node yang berada di Sumatera (warna merah). Terdapat 12 node di Pulau Sumatera dengan 3 node yang menghubungkan Pulau Sumatera dan pulau-pulau lainnya yaitu node BTM (Batam), node IJN dan node BDL (Bandar Lampung).

Gambar 5 menunjukkan node-node yang berada di Kalimantan (warna hijau cerah) dan node-node yang berada di Jawa (warna ungu). Di Kalimantan terdapat 9 node, dimana terdapat 2 node yang menghubungkan Kalimantan dengan pulau-pulau lainnya Node PTK(Pontianak) terhubung dengan node BTM(Batam) dan node IJN. Node BJM (Banjarmasin) terhubung dengan node SB(Surabaya) dan node UP(Makasar). Di Jawa terdapat 14 node dengan 2 node yang terhubung dengan pulau-pulau lainnya. Node JK (Jakarta) terhubung dengan node IJN dan BDL. Node SB (Surabaya) terhubung dengan node BJM dan UP.



Gambar 5 Visualisasi Graph Node Kalimantan dan Jawa

Gambar 6 menunjukkan node-node yang berada pada Bali Nusra (warna hijau toska) dan Sulawesi (warna abu-abu). Di Bali-Nusra terdapat 6 node dengan node DPR(Denpasar) yang terhubung dengan node di luar kawasan Bali-Nusra yaitu node BW(Banyuwangi). Di Sulawesi terdapat 8 node, dengan node UP(Makasar) terhubung dengan node-diluar wilayah Sulawesi yaitu node BJM dan node SB.



Gambar 6 Visualisasi Graph Node Bali Nusra dan Sulawesi

Dengan melihat jumlah node dan link tampak bahwa konektivitas pada backbone jaringan Palapa Ring bersifat *sparse* (topologi mesh membutuhkan 2304 link). Topologi jaringan merupakan kombinasi dari topologi ring dan topologi chain, sehingga perlu diidentifikasi node-node yang dapat menyebabkan terjadi partisi jaringan.

3.2. Kriteria Prioritas Node

3.2.1 Derajat Node

Derajat node adalah jumlah link yang terhubung pada sebuah node. Gambar 7 adalah potongan kode Matlab untuk menghitung derajat node-node yang tergabung dalam jaringan back-bone Palapa Ring.

```
conn = xlsread('palapa.xlsx', 'C3:AX50');
[num, noden, raw] = xlsread('palapa.xlsx', 'C2:AX2');
bg = biograph(conn, noden);
h = view(bg);
degree = sum(conn);
```

Gambar 7 Kode Matlab untuk Menentukan Derajat Node.

Matriks *conn* pada Gambar 6 adalah matriks adjacency atau matriks konektivitas jaringan backbone Palapa Ring berukuran (48 x 48). Apabila node *i* terhubung dengan node *j* maka $conn(i,j)=1$. Matriks *noden* adalah matriks yang menyimpan nama kota yang direpresentasikan oleh setiap node. Matriks degree adalah matriks dengan ukuran 48x1 yang menyimpan derajat dari setiap node di jaringan Palapa Ring. Pada jaringan Palapa Ring terdapat 6 node dengan derajat 1, 31 node dengan derajat 2, 5 node dengan derajat 3 dan 6 node dengan derajat 4. Data lengkap derajat setiap node dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Derajat Node dalam Jaringan Palapa Ring

Node	Deg	Node	Deg	Node	Deg
BNA	1	BJM	4	ML	2
LSM	2	TGT	2	JR	2
MDN	3	BPP	2	BW	2
PD	2	SMP	2	DPR	2
PBR	4	TAR	1	MTR	2
DMI	2	JK	4	BMA	2
BTM	2	CKP	2	PGU	2
JB	2	BDG	3	BWA	2
PG	3	CRB	3	KP	1
BTA	2	PWT	2	UP	4
BDL	3	PKL	2	KDI	1
IJN	2	SM	2	PRE	2
SBS	1	YK	2	PAL	2
PTK	4	SLO	2	PRG	2
KTP	2	MN	2	TMB	2
PLK	2	SB	4	MO	1

3.3. Cut Vertex dalam Jaringan Palapa Ring

Cut vertex adalah himpunan node-node yang apabila dikeluarkan dari graph $G(N,L)$ akan mengakibatkan partisi dalam graph.

Gambar 8 merupakan potongan kode matlab untuk menentukan cut vertex pada jaringan backbone Palapa Ring. Matriks *cutvertex* adalah matriks berukuran 1x48 yang pada mulanya bernilai 0. Matriks *A* adalah copy matriks konektivitas *conn*. Untuk menentukan apakah sebuah node *i* adalah cut vertex, node *i* dikeluarkan dari matriks *A*, kemudian dicek konektivitas node-node yang tersisa pada matriks *A*. Apabila terjadi partisi dalam graph, maka node *i* adalah cut vertex dan $cutvertex(i) = 1$.

Gambar 9 merupakan fungsi untuk memeriksa konektivitas dalam sebuah graph.

```
cutvertex=ones(1,size(conn,1));
for i = 1:size(conn,1)
    A = conn;
    A(i,:)=[];
    A(:,i)=[];
    if cekkoneksi(A)
        cutvertex(i)=0;
    end
end
```

Gambar 8 Kode Matlab Menentukan Cut Vertex

```
function conncheckie=cekkoneksi(g)
n=length(g);
I=zeros(1,n);
I(1)=1;
count=1;
while sum(I)<n && count<n
    for i=1:n
        if I(i)==1
            for j=1:n |
                if g(i,j)==1
                    g(j,:)=g(j,:)+g(i,:);
                    g(j,j)=0;
                    I(j)=1;
                end
            end
        end
    end
    count=count+1;
    count;
end
if sum(I)==n
    conncheckie=1;
else
    conncheckie=0;
end
```

Gambar 9 Fungsi Matlab Cek Konektivitas.

Pada jaringan backbone Palapa Ring terdapat 22 cut vertex seperti yang terlihat pada Tabel 3. Node dengan kolom CV bernilai 1 adalah cut vertex, sedangkan dengan kolom CV bernilai 0 bukan merupakan cut vertex.

Tabel 3 Cut Vertex Pada Jaringan Backbone Palapa Ring

Node	CV	Node	Deg	Node	Deg
BNA	0	BJM	1	ML	1
LSM	1	TGT	1	JR	1
MDN	1	BPP	1	BW	1
PD	0	SMP	1	DPR	1
PBR	1	TAR	0	MTR	1
DMI	0	JK	0	BMA	1
BTM	0	CKP	0	PGU	1
JB	0	BDG	0	BWA	1
PG	0	CRB	0	KP	0
BTA	0	PWT	0	UP	1
BDL	0	PKL	0	KDI	0
IJN	0	SM	0	PRE	1
SBS	0	YK	0	PAL	1
PTK	1	SLO	0	PRG	1
KTP	0	MN	0	TMB	1
PLK	0	SB	1	MO	0

3.4. Klasifikasi Prioritas Node pada Jaringan Palapa Ring.

Klasifikasi prioritas node dilakukan menurut pengelompokan pada bagian 2. 2. Kode Matlab untuk klasifikasi node dapat dilihat pada Gambar 10. Matriks *dinggi* adalah matriks berukuran 1x48 yang menandakan node-node dengan derajat tinggi. Jika node *i* mempunyai derajat tinggi maka *dinggi(i)=1*. Matriks *dsedang* adalah matriks berukuran 1x48 yang menandakan node-node dengan derajat sedang. Jika node *i* mempunyai derajat sedang maka *dsedang(i)=1*. Matriks *p1*, *p2*, *p3* dan *NP* adalah matriks yang menyimpan node-node dengan Prioritas 1, Prioritas 2, Prioritas 3 dan non-Prioritas menurut aturan pada bagian 2.2.

```

for i = 1:size(conn,1)
    if (degree(i)) == 4
        dtinggi(i) = 1;
    end
    if (degree(i)) == 3
        dsedang(i) = 1;
    end
end
p1 = [];
p2 = [];
p3 = [];
p4 = [];
np = [];
for i = 1:size(conn,1)
    if dtinggi(i)*cutvertex(i) == 1
        p1 = [p1 i];
    else if or (dsedang(i)*cutvertex(i) == 1, dtinggi(i) == 1)
        p2 = [p2 i];
    else if cutvertex(i) == 1
        p3 = [p3 i];
    else
        np = [np i];
    end
end
end
end
end

```

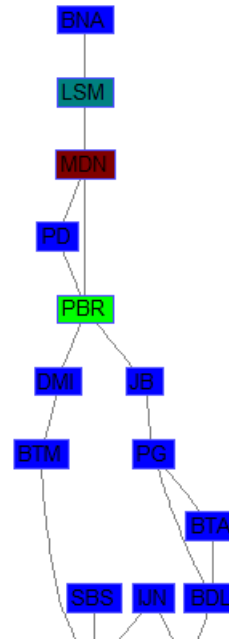
Gambar 10 Kode Matlab Klasifikasi Node

Hasil pengelompokan prioritas node dalam jaringan Palapa Ring dapat dilihat pada Tabel 4.

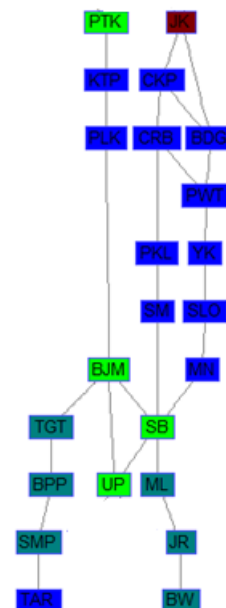
Tabel 4 Prioritas Node pada Palapa Ring

Node	Prioritas	Node	Prioritas	Node	Prioritas
BNA	NP	BJM	P1	ML	P3
LSM	P3	TGT	P3	JR	P3
MDN	P2	BPP	P3	BW	P3
PD	NP	SMP	P3	DPR	P3
PBR	P1	TAR	NP	MTR	P3
DMI	NP	JK	P2	BMA	P3
BTM	NP	CKP	NP	PGU	P3
JB	NP	BDG	NP	BWA	P3
PG	NP	CRB	NP	KP	NP
BTA	NP	PWT	NP	UP	P1
BDL	NP	PKL	NP	KDI	NP
IJN	NP	SM	NP	PRE	P3
SBS	NP	YK	NP	PAL	P3
PTK	P1	SLO	NP	PRG	P3
KTP	NP	MN	NP	TMB	P3
PLK	NP	SB	P1	MO	NP

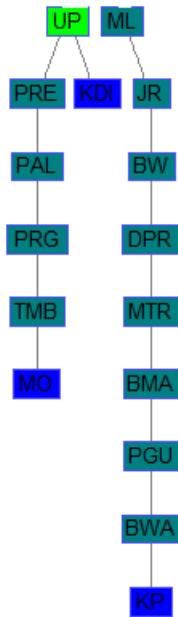
Visualisasi graph dengan node prioritas dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 11 Visualisasi Prioritas Node Sumatera



Gambar 12 Visualisasi Prioritas Node di Kalimantan dan Jawa



Gambar 13 Visualisasi Prioritas Node di Bali Nusra dan Sulawesi

Node dengan Prioritas 1 ditandai dengan warna hijau terang, node dengan Prioritas 2 ditandai dengan warna merah, node dengan Prioritas 3 ditandai dengan warna hijau toska dan node non Prioritas ditandai dengan warna biru. Dari visualisasi dapat dilihat empat dari node Prioritas 1 berada di wilayah Kalimantan dan Jawa, 1 node Prioritas 1 berada di Sumatera dan 1 di Sulawesi. Node prioritas 3 (cut vertex dengan derajat kecil) sebagian besar berada pada wilayah Bali Nusra, dimana topologi jaringan backbone pada wilayah tersebut berupa topologi rantai (chain). Pada wilayah Sumatera dan Jawa tidak terdapat banyak cut vertex karena topologi jaringan didominasi oleh topologi ring. Ring BJM, SB, UP merupakan topologi ring yang anggotanya adalah node-node Prioritas 1.

4. Kesimpulan

Jaringan backbone palapa ring yang telah terpasang per tahun 2015 terdiri dari 48 node yang dihubungkan oleh 117 link. Topologi jaringan merupakan gabungan dari topologi ring dan topologi rantai. Konektivitas antar node bersifat *sparse* dengan

46% dari node pada jaringan Palapa Ring adalah cut vertex.

Berdasarkan derajat node dan cut vertex dalam jaringan, node pada jaringan Palapa Ring dikelompokkan ke dalam empat kelompok prioritas. Terdapat lima node yang termasuk kelompok Prioritas 1, yaitu Pekan Baru (PBR), Pontianak (PTK), Banjarmasin (BJM), Surabaya (SB) dan Makasar (UP). Terdapat 2 node dalam kelompok Prioritas 2, yaitu Medan (MDN) dan Jakarta (JK). Pada kelompok Prioritas 3 dan Non Prioritas masing-masing terdapat 16 dan 25 node.

Referensi

- [1] B. Y. Iskandar, "Indonesia's Initiative to Deploy NGN," in *7th Global Symposium Regulator 2007, The Road to Next-Generation Networks (NGN): Can Regulators Promote Investment and Open Access*, 2007.
- [2] -, "Indonesian Domestic Broadband," D. K. d. Informasi, Ed., ed, 2015.
- [3] I. K. Rohman, "Review of Indonesian broadband development," Technical report, LIRNEasia2014.
- [4] M. Brazil, C. J. Ras, and D. A. Thomas, "The bottleneck 2-connected k-Steiner network problem for $k \leq 2$," *Discrete Applied Mathematics*, vol. 160, pp. 1028-1038, 2012.
- [5] M. Kim and K. S. Candan, "SBV-Cut: Vertex-cut based graph partitioning using structural balance vertices," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 72, pp. 285-303, 2012.
- [6] C.-P. Schnorr, "Bottlenecks and edge connectivity in unsymmetrical networks," *SIAM Journal on Computing*, vol. 8, pp. 265-274, 1979.
- [7] D. W. Matula and F. Shahrokhi, "Sparsest cuts and bottlenecks in graphs," *Discrete Applied Mathematics*, vol. 27, pp. 113-123, 1990.
- [8] A. Vespignani, "Modelling dynamical processes in complex socio-technical systems," *Nature physics*, vol. 8, p. 32, 2012.