

Analisis Metode *Laplacian Centrality* dalam *Social Network Analysis* menggunakan *Probabilistic Affinity Index (PAI)*

Citra Rizki Pratiwi
Telkom University, Bandung, Indonesia
citrarz.pratiwi@gmail.com

Abstrak

Twitter merupakan media sosial yang umumnya digunakan dalam penyebaran informasi. Apabila diketahui siapa *user* (pengguna) paling berpengaruh pada Twitter dalam kelompok tertentu, maka hal tersebut akan memudahkan dalam penyebaran informasi di dalamnya. Kita dapat mengetahui *user* Twitter yang paling tinggi pengaruhnya (sentralitas / kepentingan) dengan memperhitungkan relasi *follow*, *mention*, dan *reply* yang terjadi di antara *user* dengan menggunakan metode *centrality measurement* pada *social network analysis* (SNA). *Laplacian centrality* (LC) merupakan salah satu metode *centrality measurement* yang tidak hanya memperhitungkan lingkungan lokal di sekitar *vertex* tapi juga lingkungan yang lebih luas di sekitar tetangganya. Namun, untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan keadaan jaringan dan relasi yang ada, maka digunakan pembobotan PAI yang akan membandingkan nilai bobot relasi dengan total relasi yang dimiliki *user*. Pengimplementasian PAI pada LC akan mempengaruhi hasil ranking *user* ketika dibandingkan dengan hasil LC tanpa diimplementasikan PAI juga ketika dilakukan penambahan nilai bobot pada relasi tertentu di antara *user*. Penggunaan PAI pada LC dapat diterapkan pada graf berbobot-tak berarah dalam menentukan *user* yang paling berpengaruh dalam penyebaran informasi pada suatu kelompok di Twitter berdasarkan hasil nilai LC tertinggi.

Kata kunci: *Laplacian centrality* (LC), *Probabilistic Affinity Index* (PAI), *Social Network Analysis* (SNA), Twitter

1. PENDAHULUAN

Hubungan dalam jaringan sosial/*social network* dapat dianalisis dengan memanfaatkan teori graf yang dinamakan *Social Network Analysis* (SNA) dimana *vertex* akan merepresentasikan *user* dan *edge* merepresentasikan hubungan antar *user*^[8]. Twitter menjadi salah satu media sosial yang paling banyak digunakan dan dalam penyebaran informasi sehingga implementasi SNA akan sangat cocok untuk diterapkan pada media Twitter.

Metode yang paling sering digunakan pada pengukuran SNA adalah *centrality measurement*, yaitu metode yang dapat digunakan untuk mengukur dan menentukan pentingnya hubungan antar *node* dalam suatu jaringan dan keterpusatan pada graf digunakan dalam penentuan *ranking user* yang mempengaruhi penyebaran informasi pada *social network*^[5]. *Laplacian centrality* merupakan salah satu metode *centrality measurement* yang dapat melakukan pengukuran yang memperhitungkan lingkungan lokal disekitar *vertex* tapi juga lingkungan yang lebih luas di sekitar tetangga *vertex*^[5,6]. *Laplacian centrality* lebih cepat dibandingkan metode *centrality measurement* lainnya seperti *betweenness*, *closeness*, dan *eigenvector centrality* berdasarkan kompleksitasnya

sehingga lebih baik dalam penerapannya pada jaringan sosial yang lebih besar^[5,6].

Dalam mendukung pengukuran kekuatan relasi antara *vertex* pada graf berbobot dapat digunakan *collaborative linkage indexes/ similarity coefficient* salah satunya *Probabilistic Affinity Index* (PAI). PAI menghasilkan rasio antara jumlah link yang diamati (*observed value*) dengan jumlah link yang diharapkan (*expected value*)^[13]. PAI mengukur kekuatan relatif dari masing-masing hubungan (*link*) dalam perbandingannya dengan total *link* yang ada dalam graf sehingga PAI digunakan karena mengukur seluruh relasi dalam graf dan mengukur *expected value* dari jumlah link^[13].

Dengan menerapkan metode PAI dan *Laplacian centrality* pada analisis *social media* Twitter diharapkan dapat diketahui *ranking user* yang berpengaruh dalam penyebaran informasi sesuai kondisi yang sebenarnya.

2. DASAR TEORI

2.1 Social Network Analysis (SNA)

Social Network Analysis (SNA) dapat dideskripsikan sebagai suatu penelitian yang mempelajari hubungan manusia dengan memanfaatkan teori graf^[12]. SNA juga didefinisikan

sebagai pemetaan dan pengukuran terhadap hubungan dan aliran antara orang, kelompok, organisasi, komputer, URL, dan koneksi informasi lainnya^[3]. Pemanfaatan teori graf tersebut membuat SNA mampu memeriksa struktur dari hubungan sosial dalam suatu kelompok untuk mengungkap hubungan informal antar individu. SNA menyediakan analisis visual dan matematis dari hubungan manusia^[3].

2.2 Twitter

Twitter merupakan *platform microblogging* yang populer saat ini. Twitter pertama kali muncul tahun 2006 dan terus mengalami peningkatan pada jumlah pengguna yang hingga sekarang mencapai lebih dari 1 miliar pengguna. Twitter mudah digunakan dalam hal komunikasi antar pengguna selain itu memungkinkan saling berbagi informasi antar pengguna melalui berbagai fasilitas yang dimilikinya. Misalnya *update status, share, follow, reply*, dan sebagainya. Twitter pun dikenal memiliki beberapa istilah yang digunakan oleh pengguna dalam berinteraksi, yaitu :

a. *Mention*

Mention merupakan fasilitas untuk memanggil pengguna lain pada *tweet* yang ditulis dengan menggunakan simbol '@' diikuti nama pengguna yang ingin dipanggil.

b. *Reply*

Reply adalah membalas *tweet* pengguna lain

dengan mengklik tombol *reply*.

c. *Followed/Unfollowed*

Followed yaitu mengikuti seseorang agar kita dapat mengetahui *tweet* yang ditulis dan sekaligus agar pengguna tersebut terhubung dengan pengguna yang di *followed*. Sedangkan *unfollowed* adalah berhenti mengikuti seseorang.

Twitter berperan sebagai media penyebaran informasi, dimana setiap user memiliki pengaruh

dalam penyebaran informasi tersebut. Definisi dari kata berpengaruh pada Twitter adalah kemampuan untuk mempromosikan kegiatan dan menyampaikan informasi^[7]. Sehingga suatu user dikatakan paling berpengaruh dalam penyebaran informasi di Twitter apabila user tersebut memiliki kemampuan paling besar dalam mempromosikan kegiatan atau

menyampaikan informasi secara luas dalam jaringan.

Alasan penggunaan dataset twitter dalam Tugas Akhir ini adalah:

- a. Karena tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui orang paling berpengaruh dalam penyebaran informasi dan kebanyakan orang berpengaruh atau artis di dunia nyata lebih

- c. Relasi yang terdapat pada Twitter lebih jelas misalnya siapa yang mengikuti (*following*) dan diikuti (*followed*).
- d. Twitter menjadi salah satu *social media* berbasis online yang dapat dipetakan sederhana alur penyebaran informasinya menggunakan SNA. Konsep, hubungan, karakteristik data dan relasi pada Twitter cocok dan dapat dimodelkan sederhana menggunakan SNA, dibandingkan *social media* seperti facebook dan youtube yang memiliki banyak konten seperti foto, video, comment, like, grup sehingga terlalu kompleks untuk dimodelkan.

2.3 Probabilistic Affinity Index (PAI)

PAI merupakan salah satu jenis *similarity coefficient* yang digunakan untuk mengukur hubungan ilmiah. Indeks ini merupakan rasio dari jumlah link yang diamati (*observed value*) dan jumlah link yang diharapkan (*expected value*)^[13]. *Observed value* merupakan nilai relasi yang terbentuk sesuai nilai interaksi yang terjadi antara *node*, sedangkan *expected value* merupakan hasil total relasi yang dimiliki suatu *node* dikali dengan total relasi yang dimiliki *node* pasangannya yang kemudian dibagi dengan relasi maksimal yang dapat terjadi dalam jaringan tersebut dengan mengabaikan relasi *self-loop*. PAI menunjukkan kecenderungan relatif pada *co-authorship* (kolaborasi bilateral) yang dirumuskan sebagai berikut^[13]:

$$PAI = \frac{r_{ij}}{(r_i \cdot r_j)} \quad (2.1)$$

Dimana r_{ij} adalah *expected value* dari r_{ij} yang merupakan hasil kali dari nilai total relasi *node i* dan *j* sedangkan r_i yang merupakan *observe value* adalah nilai bobot relasi yang terbentuk dari *node i* ke *j* pada graf tidak berarah. Nilai sel diagonal (*self loop*)^[14]

dalam matriks kontingensi diabaikan . Menurut penelitian yang dilakukan Michel Zitt, dijelaskan bahwa perhitungan PAI dapat menerapkan proses normalisasi yang berfungsi untuk memperkecil nilai interval. Sehingga hasil PAI pada rumus 2.15 di atas terlalu besar dan memiliki interval yang besar maka dapat digunakan persamaan renormalisasi sebagai^[14]

berikut :

$$PAI = \frac{r_{ij}^2 - 1}{r_i^2 + 1} \quad (2.2)$$

menggunakan Twitter dibanding *social media* lainnya.

- b. Penyebaran informasi secara langsung oleh netizen lebih banyak menggunakan Twitter.

Persamaan di atas merupakan persamaan normalisasi dimana nilai a merupakan hasil nilai PAI. Persamaan ini digunakan setelah diperoleh nilai PAI.

2.4 Laplacian Centrality (LC)

Laplacian centrality merupakan salah satu *centrality measurement* yang melihat tingkat *centrality* sebuah *node* dalam jaringan berkaitan

dengan kemampuan jaringan dalam menghadapi penonaktifan / penghapusan *node* dari jaringan^[6,7]. Metode ini pun dapat digunakan untuk analisis

jaringan yang besar^[5].

a. *Laplacian Matrix*

Laplacian matrix dapat dirumuskan sebagai berikut^[6]:

$$L(G) = X(G) - A(G) \tag{2.3}$$

Dimana :

$$L(G) = \begin{bmatrix} d_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & d_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & d_n \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

dan

$$A(G) = \begin{bmatrix} 0 & a_{1,2} & a_{1,3} & a_{1,n} \\ a_{2,1} & 0 & \dots & a_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

Dimana $d_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} = \sum_{j \in N(v_i)} w_{ij}$, dan a_{ij}

dikatakan *sum-weight* dari vertex v_i , dimana $N(v_i)$

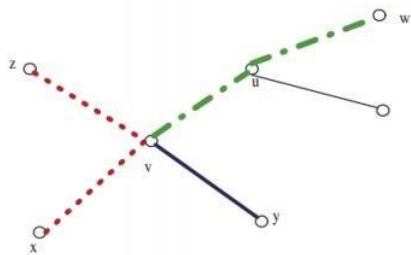
adalah tetangga dari v_i

b. *Laplacian Energy (LE)* pada jaringan

Laplacian energy pada jaringan dirumuskan sebagai berikut^[6]:

$$LE(G) = \sum_{i=1}^n d_i + 2 \sum_{i < j} a_{ij} \tag{2.6}$$

c. *2- Walks*



Gambar 2.1 Contoh *2-walks* pada graf berbobot^[6]

$$N^2(v) = \sum_{i \in N(v)} \left(\sum_{j \in N(i)} w_{ij} \right) \tag{2.8}$$

digambarkan dengan *edge* hijau pada Gambar 2.1.

3. *Non-closed 2-walks* yang mengandung *vertex* v sebagai titik tengah. Dimana memiliki perumusan sebagai berikut:

$$N^2(v) = \sum_{i \in N(v)} \left(\sum_{j \in N(i)} w_{ij} \right) \tag{2.9}$$

digambarkan dengan *edge* merah pada Gambar 2.1.

d. *Delta Laplacian Energy*

Delta Laplacian energy merupakan penurunan relatif *laplacian energy* dalam jaringan yang disebabkan oleh penonaktifan *vertex* dari jaringan yang menggambarkan besarnya pengaruh *vertex* terhadap *Laplacian energy* dari jaringan yang dirumuskan sebagai berikut^[6]:

$$\begin{aligned} (\Delta L)_v &= L(G) - L(H) \\ &= 4N(v) + 2N(v) + 2N(v) \end{aligned} \tag{2.10}$$

Dimana H merupakan jaringan yang diperoleh setelah penghapusan *vertex* v pada jaringan G.

e. *Laplacian Centrality* pada *Vertex*

Laplacian centrality pada setiap *vertex* dirumuskan sebagai berikut^[6]:

$$LC(v) = \frac{(\Delta L)_v}{L(G)} \tag{2.11}$$

3. PERANCANGAN SISTEM

Mulai		
Dataset	Perhitungan dan Pembuatan Matriks PAI	Perhitungan Laplacian Centrality
T	d	a
e	a	t
r	p	t

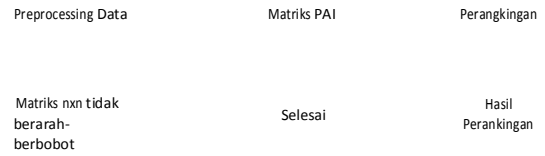
iga tipe *2-walks* yaitu sebagai berikut^[6]:

1. *Closed 2-walks* yang mengandung *vertex v*. Dimana memiliki perumusan sebagai berikut:

$$N_{\text{closed}}(v) = \sum_{i=1}^n \dots \quad (2.7)$$

digambarkan dengan *edge* biru pada Gambar 2.1.

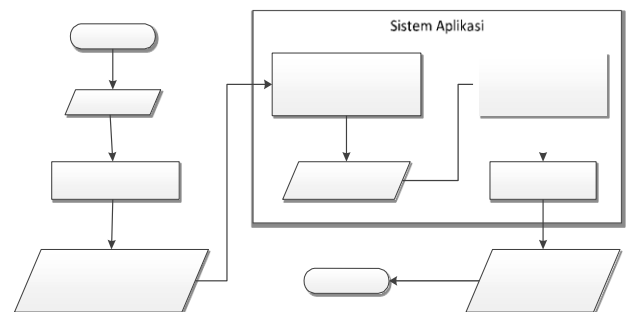
2. *Non-closed 2-walks* yang mengandung *vertex v* sebagai salah satu *end-vertex*. Dimana memiliki perumusan sebagai berikut:

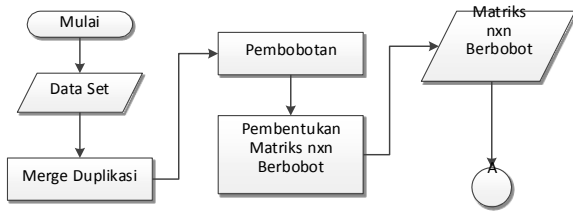


Gambar 3.1 Alur proses sistem

3.1 Preprocessing Data

Data set melalui tahap *preprocessing* sebelum diproses lebih lanjut oleh sistem dengan alur proses sebagai berikut:





Gambar 3.2 Preprocessing data

Pada Gambar 3.2 yang menunjukkan alur pada *preprocessing data* yang dibutuhkan proses *merge duplikasi* terhadap dataset yang berisi data relasi *follow*, *mention*, dan *reply*. Yang selanjutnya dilakukan pembobotan dan pembentukan matriks agar siap diproses pada perhitungan PAI (A). Tiap proses pada *preprocessing* tersebut dijelaskan sebagai berikut:

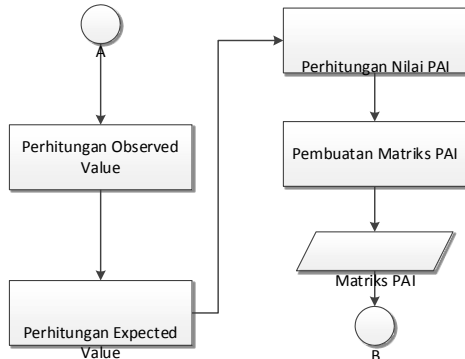
1. Merge Duplikasi

Proses ini dilakukan untuk menggabungkan relasi *vertex* yang duplikat menjadi satu.

2. Pembobotan

Proses ini dilakukan penambahan kolom bobot pada tiap relasi yang mana bobot relasi sesuai dengan interaksi yang terjadi antar *vertex*. Mempersiapkan tabel yang siap untuk dikonversi dalam bentuk matriks.

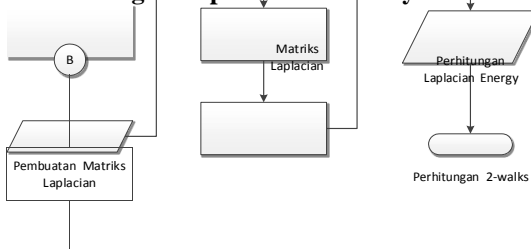
3.2 Perhitungan dan Pembuatan Matriks PAI



Gambar 3.3 Alur proses perhitungan dan pembuatan matriks PAI

Pada Gambar 3.3 yang menunjukkan alur pada *PAI* yang memiliki hasil akhir berupa matriks yang nilai tiap relasinya telah berubah sesuai dengan hasil perhitungan PAI agar siap diproses pada perhitungan metode Laplacian Centrality (B).

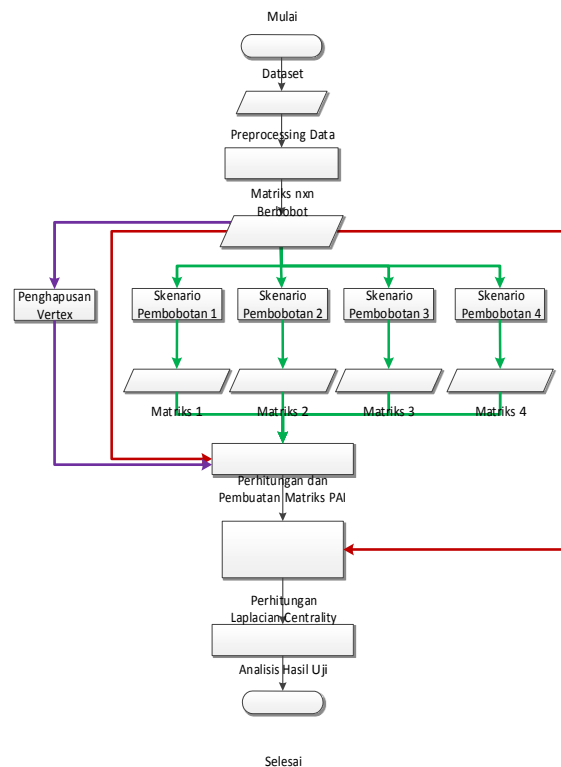
3.3 Perhitungan Laplacian Centrality



Perhitungan *Laplacian centrality* dilakukan pada tiap *vertex* pada jaringan yang sama. Pembuatan matriks *laplacian*, perhitungan *laplacian energy*, perhitungan *2-walks*, *delta laplacian energy*, dan kemudian diakhiri dengan perhitungan *Laplacian centrality* akan diproses pada alur ini untuk agar hasilnya diperoleh nilai Laplacian centrality dimana *user* dengan nilai tertinggi merupakan *user* yang memiliki pengaruh paling besar.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Skenario pengujian



Gambar 4.1 Skenario Alur Pengujian

Pada pengujian ini akan digunakan dataset Twitter dengan akun acuan *ridwankamil*. Dataset ini

berupa data XML berisi 1796 *user/node*. Relasi yang menghubungkan antar *user* tersebut adalah *follow*, *mention*, dan *reply*. Terdapat 2850 relasi *follow*, 1167 relasi *mention*, dan 382 relasi *reply*.

Alur pengujian pertama (warna coklat) untuk membandingkan hasil perhitungan *laplacian centrality* (LC) dengan dan tanpa menggunakan PAI. Alur pengujian kedua (warna ungu) untuk melihat pengaruh suatu *vertex (user)* dengan melakukan penghapusan *vertex* tersebut sesuai urutan ranking

Perhitungan Nilai Laplacian Centrality

Hasil Nilai Laplacian Centrality

Selesai

pada alur pengujian pertama (*laplacian centrality* dengan PAI) terhadap nilai LC dan perubahan ranking pada *vertex* lainnya. Pada alur pengujian ketiga (warna hijau) untuk melihat pengaruh PAI dalam perubahan nilai pembobotan relasi interaksi antar user Twitter terhadap pengukuran nilai LC dan peringkatnya. Hasil dari ketiga alur pengujian tersebut kemudian akan dianalisis untuk diperoleh kesimpulan pengaruh penggunaan PAI terhadap

Gambar 3.4 Alur proses perhitungan *Laplacian Centrality*

pengukuran nilai LC.

4.2 Hasil Analisis

4.2.1 Perbandingan Hasil Laplacian Centrality dengan dan tanpa menggunakan PAI

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Laplacian Centrality* Pengujian Pertama tanpa PAI

No	User	Total Bobot Relasi	Laplacian Centrality
1	ridwankamil	1094	0.8757
2	mazNOT	30	0.0174
3	YosepBidDamkar	63	0.0166
4	GPSbdg	81	0.0154
5	hero_bandung	43	0.0142
6	BDGcleanaction	80	0.0119
7	netmediatama	107	0.0114
8	AsepCpmk26	48	0.0114
9	kelneglasari	30	0.0112
10	hansumarno	41	0.0111
Laplacian Energy			1391026

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Laplacian Centrality* Pengujian Pertama dengan PAI

No	User	Total Bobot Relasi	Laplacian Centrality
1	ridwankamil	927.97	0.8402
2	MataNajwa	97.998	0.0138
3	netmediatama	99.998	0.0133
4	KompasTV	92.998	0.0128
5	GPSbdg	75.99	0.0108
6	BDGcleanaction	75.99	0.0104
7	PersibOfficial	80.998	0.0099
8	hesanhilmi	67.99	0.0089
9	YosepBidDamkar	56.99	0.0084
10	infobandung	71.99	0.0081
Laplacian Energy			1391026

Pada tabel 4.1 masing-masing *user* memiliki nilai total bobot relasi hasil akumulasi seluruh bobot *follow*, *mention*, dan *reply*. Sedangkan pada tabel 4.2 nilai total bobot relasi hasil akumulasi seluruh relasi dengan implementasi PAI. Dapat dilihat 10 *user* tertinggi pada kedua tabel berbeda hanya ranking ke 1 dan 6 yang sama. Ada pula *user* netmediatama yang awalnya berada di bawah urutan BDGcleanaction ketika dilakukan perhitungan LC tanpa PAI sedangkan ketika diimplementasikan PAI *user* netmediatama berada di atas urutan BDGcleanaction. Nilai PAI melihat kekuatan relasi dari *vertex* dengan mempertimbangkan seluruh relasi yang terhubung dengan *vertex* tersebut dengan mendukung konsep perhitungan bobot relasi dengan membandingkan nilai relasi yang diamati dan diharapkan serta mempertimbangkan total relasi yang dimiliki tiap *vertex*.

Penggunaan PAI dalam pembobotan relasi pada suatu jaringan ternyata mampu mempengaruhi perhitungan nilai LC. Perhitungan nilai LC yang melibatkan PAI dalam proses pembobotannya akan menghasilkan nilai *centrality* yang sesuai rasio dari nilai relasi yang diamati dan diharapkan. Hasil analisis perbandingan kedua tabel dapat disimpulkan bahwa perhitungan LC dengan PAI menunjukkan

hasil yang lebih mendekati kondisi jaringan dari dataset yang diinputkan ke sistm dan memberikan nilai yang lebih sesuai dengan kondisi jaringan.

4.2.2 Skenario Pembobotan

B merupakan variabel nilai bobot awal relasi. X merupakan variabel dengan nilai 1 hingga 10 atau bertambah 1 pada tiap percobaan. Penambahan bobot pada relasi *follow* tidak dilakukan karena *user* hanya dapat melakukan *follow* 1 kali pada *user* yang sama. Dengan menerapkan nilai bobot yang berbeda-beda pada tiap pengujian diharapkan dapat diketahui pengaruh pada hasil nilai *Laplacian centrality* pada masing-masing pengguna yang digunakan untuk mengetahui pengaruh penerapan PAI pada metode *Laplacian centrality*.

a. Skenario pembobotan pertama: $Follow=B+X$; $Mention=B+X$; $Reply=B+X$

Tabel 4.3 Nilai Laplacian Centrality

VERTEX	P1	P2	P3	P4	P5
_RadiityaDika	0.002140	0.002140	0.002140	0.002140	0.002140
yunartowijaya	0.000119	0.000119	0.000119	0.000119	0.000119
aMrazing	0.003377	0.003377	0.003377	0.003377	0.003377
leonagustine	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123
MataNajwa	0.013841	0.013841	0.013841	0.013841	0.013841
ridwankamil	0.840187	0.840188	0.840188	0.840188	0.840188
GOAL_ID	0.003446	0.003446	0.003446	0.003446	0.003446
andramahardra	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025
Triwisaksana	0.000005	0.000005	0.000005	0.000005	0.000005
salimafillah	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155
VERTEX	P6	P7	P8	P9	P10
_RadiityaDika	0.002141	0.002141	0.002141	0.002141	0.002140
yunartowijaya	0.000119	0.000119	0.000119	0.000119	0.000119
aMrazing	0.003377	0.003377	0.003377	0.003377	0.003377
leonagustine	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123
MataNajwa	0.013841	0.013841	0.013841	0.013841	0.013841
ridwankamil	0.840188	0.840188	0.840188	0.840188	0.840188
GOAL_ID	0.003446	0.003446	0.003446	0.003446	0.003446
andramahardra	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025	0.000025
Triwisaksana	0.000005	0.000005	0.000005	0.000005	0.000005
salimafillah	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155	0.000155

Dari hasil pengujian tabel 4.3, perubahan nilai di tiap percobaan berada pada nilai yang sangat kecil namun sesuai hasil yang sebenarnya *vertex* _RadiityaDika, aMrazing, MataNajwa, ridwankamil, dan GOAL_ID mengalami peningkatan sedangkan *vertex* lainnya mengalami penurunan. Jika dilihat dari rata-rata perubahan yang terjadi yang bernilai sangat kecil. Misalnya, aMrazing meningkat $3,7 \times 10^{-9}$ dan yunartowijaya menurun sebanyak $1,19 \times 10^{-11}$.

Peningkatan nilai LC disebabkan oleh peningkatan pengaruh *vertex* tersebut terhadap nilai LE jaringan yang lebih besar dibandingkan peningkatan nilai LE itu sendiri. Sedangkan

penurunan nilai LC disebabkan oleh penurunan pengaruh vertex tersebut terhadap nilai LE sedangkan nilai LE itu sendiri mengalami peningkatan.

Penambahan bobot yang sama pada ketiga relasi akan menghasilkan nilai PAI yang berbeda-beda karena setelah penambahan bobot relasi, nilai bobot akan dibandingkan lagi dengan total relasi dari masing-masing vertex dan jaringannya.

Tabel 4.4 Ranking 10 Besar User

RANK	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127
4	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
5	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
6	457	457	457	457	457	457	457	457	457	457
7	402	402	402	402	402	402	402	402	402	402
8	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169
9	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
10	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

Keterangan : 5. MataNajwa; 6. ridwankamil; 18. Infobandung; 21. KompasTV; 127. netmediatama; 169. hesanilhmi; 226. YosepBidDamkar; 318. GPSbdg; 402. PersibOfficial; 457. BDGcleanaction.

Terlihat pada tabel 4.4, vertex yang menempati ranking 1 hingga 10 di setiap percobaan tidak mengalami perubahan dikarenakan penambahan bobot pada relasi diberlakukan pada semua jenis relasi sehingga nilai bobot masing-masing vertex akan meningkat bersamaan.

b. Skenario pembobotan kedua: Follow=B+X; Mention=B; Reply=B

Hasil pengujian pembobotan kedua ini melakukan penambahan bobot hanya pada relasi follow. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa beberapa contoh nilai LC vertex (seperti pada tabel 4.9) ada yang mengalami penurunan nilai berbeda dengan pengujian pertama. Seperti vertex_RadiityaDika yang awalnya mengalami peningkatan menjadi mengalami penurunan pada pengujian ini. Rata-rata perubahan pada masing-masing vertex sangat kecil misalnya pada aMazing meningkat $3,63 \times 10^{-8}$ sedangkan yunartowijaya mengalami penurunan sebesar $1,18 \times 10^{-11}$.

Walaupun penambahan bobot pada relasi follow masing-masing relasi sama, namun akan menghasilkan nilai PAI yang berbeda disebabkan setelah penambahan, nilai relasi akan dibandingkan lagi dengan total relasi dari masing-masing vertex dan jaringannya.

Tabel 4.5 Contoh vertex yang mengalami perubahan urutan ranking

RANK	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
131	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
132	459	459	459	459	459	459	105	105	105	105
133	105	105	105	105	105	105	459	459	459	459
134	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91

349	28	28	28	28	199	199	199	199	199
350	199	199	199	199	239	239	239	239	239
351	239	239	239	239	245	245	245	245	245
352	245	245	245	245	258	258	258	258	258
353	258	258	258	258	262	262	262	262	262
354	262	262	262	262	28	28	28	28	28

Keterangan : 28. MaenpoAdungRais; 91. killthedj; 105. emilsalim2010; 199. liaamulyani; 239. rizkiabdrhmn; 245. potus0001; 250. arvidalnuron88; 258. andrian_perjadi; 262. vicenteguallart; 459. a_s_gufnon.

Hasil perangkingan 10 besar pada pengujian ini tidak mengalami perubahan, namun perubahan tetap terjadi pada urutan vertex lainnya seperti yang terlihat pada tabel 4.5. Dapat disimpulkan bahwa jika dilakukan penambahan bobot follow pada jaringan maka memiliki pengaruh terhadap perubahan ranking.

c. Skenario pembobotan ketiga: Follow=B; Mention=B+X; Reply=B

Hasil pengujian pembobotan ketiga ini melakukan penambahan bobot hanya pada relasi mention. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa beberapa contoh nilai LC vertex (seperti pada tabel 4.3) ada yang mengalami penurunan nilai berbeda dengan pengujian kedua. Hanya vertex ridwankamil yang mengalami peningkatan pada pengujian ini. Rata-rata perubahan pada masing-masing vertex sangat kecil misalnya pada ridwankamil meningkat $1,5 \times 10^{-8}$ sedangkan yunartowijaya mengalami penurunan sebesar $1,12 \times 10^{-11}$.

Walaupun penambahan bobot pada relasi mention masing-masing relasi sama, namun akan menghasilkan nilai PAI yang berbeda disebabkan setelah penambahan, nilai relasi akan dibandingkan lagi dengan total relasi dari masing-masing vertex dan jaringannya.

Tabel 4.6 Contoh vertex yang mengalami perubahan urutan ranking

RANK	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1089	492	492	492	492	492	492	492	492	999	999
1090	10	10	10	999	999	999	999	999	492	492
1091	999	999	999	10	10	10	10	10	10	10
1092	479	479	479	479	479	479	479	479	479	479
...										
1121	656	1788	1788	1788	1788	1788	1788	1788	1788	1788
1122	1788	656	656	656	656	656	656	656	656	656
1123	657	657	657	657	657	657	657	657	657	657

Keterangan : 10. salimafillah; 479. Kel_Bldg; 492. vladoluna24; 656. Yayatr27; 657. NaruDaniels; 999. Ibnu_BFMV; 1788. Pespa_PP.

Hasil perangkingan 10 besar pada pengujian ini tidak mengalami perubahan, namun perubahan tetap terjadi pada urutan vertex lainnya seperti yang terlihat pada tabel 4.6. Dapat disimpulkan bahwa jika dilakukan penambahan bobot mention pada jaringan maka memiliki pengaruh terhadap perubahan ranking.

d. Skenario pembobotan keempat: $Follow=B$; $Mention=B$; $Reply=B+X$

Hasil pengujian pembobotan keempat ini melakukan penambahan bobot hanya pada relasi *reply*. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa beberapa contoh nilai LC vertex (seperti pada tabel 4.3) vertex yang mengalami penurunan nilai sama dengan pengujian ketiga. Hanya *vertex* ridwankamil yang mengalami peningkatan pada pengujian ini. Rata-rata perubahan pada masing-masing vertex sangat kecil misalnya pada ridwankamil meningkat $1,92 \times 10^{-9}$ sedangkan yunartowijaya mengalami penurunan sebesar $1,4 \times 10^{-12}$.

Walaupun penambahan bobot pada relasi *reply* masing-masing relasi sama, namun akan menghasilkan nilai PAI yang berbeda disebabkan setelah penambahan, nilai relasi akan dibandingkan lagi dengan total relasi dari masing-masing vertex dan jaringannya.

Tabel 4.7 Contoh vertex yang mengalami perubahan urutan ranking

RANK	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
478	29	29	635	635	635	635	635	635	635	635
479	635	635	29	621	621	621	621	621	621	621
480	621	621	621	622	622	622	622	622	622	622
...										
619	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
620	1001	1001	1001	29	29	29	29	29	29	29
621	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Keterangan : 29. siegfriednova; 50. deryljuniar; 621. adekasparrw; 622. adpendexpo15; 635. fachry_krenzz; 1000. AndPriatna; 1001. DotcoAwey.

Hasil perankingan 10 besar pada pengujian ini tidak mengalami perubahan, namun perubahan tetap terjadi pada urutan vertex lainnya seperti yang terlihat pada tabel 4.7. Dapat disimpulkan bahwa jika dilakukan penambahan bobot *reply* pada jaringan maka memiliki pengaruh terhadap perubahan ranking.

e. Laplacian Energy (LE) skenario pembobotan

Tabel 4.8 Nilai Laplacian Energy (LE)

Percobaan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	1039879.713	1039878.638	1039850.639	1039849.462
2	1039885.398	1039884.236	1039851.040	1039849.514
3	1039887.400	1039886.243	1039851.225	1039849.537
4	1039888.330	1039887.190	1039851.328	1039849.551
5	1039888.837	1039887.713	1039851.392	1039849.559
6	1039889.144	1039888.033	1039851.434	1039849.564
7	1039889.344	1039888.242	1039851.464	1039849.568
8	1039889.481	1039888.388	1039851.486	1039849.571
9	1039889.579	1039888.493	1039851.503	1039849.573
10	1039889.651	1039888.571	1039851.516	1039849.575

Berdasarkan tabel 4.8 terlihat bahwa nilai LE dari skenario skenario pertama hingga keempat selalu mengalami peningkatan secara kontinu dan rata-rata peningkatan yang paling besar yaitu pada skenario pertama yakni 1,1042. Hal tersebut disebabkan karena penambahan bobot diberlakukan pada ketiga relasi yang terdapat pada jaringan. Sedangkan pada skenario kedua, ketiga, dan keempat secara berturut-

turut memiliki rata-rata peningkatan sebesar 1,1037, 0,0974, dan 0,0125. Peningkatan pada nilai LE ini juga dipengaruhi oleh jumlah relasi *follow*, *mention*, atau *reply* yang terdapat pada jaringan. Rata-rata peningkatan LE pada skenario ke empat sangat kecil dibandingkan skenario lainnya karena jumlah relasi *reply* pada jaringan adalah yang paling kecil dibandingkan jumlah relasi lainnya.

Semakin dominan relasi *follow*, *mention*, dan atau *reply* pada suatu vertex dan tetangganya menyebabkan semakin besar peningkatan pengaruh *vertex* tersebut terhadap nilai LE jaringannya.

4.2.2 Analisis Penghapusan Vertex

Pada pengujian ini dilakukan 10 kali percobaan dimana pada setiap percobaan dilakukan penghapusan vertex. Pada percobaan pertama akan dilakukan penghapusan 1 vertex dan begitu seterusnya hingga percobaan ke 10. Urutan penghapusan dilakukan sesuai urutan ranking pada hasil perankingan pada pengujian laplacian centrality menggunakan PAI yang sudah dilakukan sebelumnya.

Tabel 4.9 Perubahan Ranking 10 Besar User Penghapusan Vertex

RANK	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	5	127	21	457	402	402	169	18	18	493
2	127	21	457	318	457	169	18	15	493	269
3	21	457	318	402	169	18	15	493	269	15
4	318	318	402	169	18	15	269	269	15	463
5	457	402	169	18	15	226	226	226	463	13
6	402	169	18	226	226	269	493	438	438	107
7	169	18	226	15	269	493	438	463	13	438
8	226	226	15	493	493	438	463	107	107	20
9	18	15	493	269	438	463	107	13	20	287
10	15	493	269	438	107	107	20	20	287	49

Keterangan : 5.MataNajwa;13.dodisanjaya;15.korantempo;18.infobandung; 20.jakpost;21.KompasTV;49.GlennFredly;107.susipudjiastuti;127.netmedi atama;169.hesanhilmi;226.YosepBidDamkar;269.lukmansaufuddin;287.rep ublikaonline;318.GPSbdg;402.PersibOfficial;438.global_indonesi;457.BD Gcleanaction;463 biddiklatbkd;493. NGLIndonesia.

Berdasarkan tabel 4.9 terlihat bahwa user yang menempati ranking 10 besar selalu mengalami perubahan. Ini terjadi akibat vertex yang dihapus pada jaringan akan ikut menghapus relasinya dengan vertex lain sehingga jumlah relasi vertex lain akan menurun sehingga mempengaruhi nilai LC.

Dapat dilihat pada percobaan 1 (P1) user 457 berada dibawah 318 sedangkan pada P2 457 berada di atas 318. Peningkatan 457 disebabkan peningkatan terhadap pengaruhnya dengan nilai *laplacian energy* (LE) sedangkan 318 mengalami penurunan terhadap pengaruh nilai LE jaringan.

Tabel 4.10 Nilai Laplacian Energy pada Percobaan Penghapusan Vertex

Percobaan	Laplacian Energy
1	166185.623
2	153985.699
3	142315.712
4	131235.792
5	122891.847
6	114925.890
7	106795.916
8	101003.933
9	96425.947
10	91013.946

Berdasarkan tabel 4.10 terlihat bahwa nilai LE selalu mengalami penurunan. Disebabkan oleh berkurangnya jumlah relasi dan *vertex* pada jaringan sehingga mengakibatkan perubahan bentuk interaksi dan keterhubungan pada jaringan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Setiap pembobotan relasi dari hasil penggunaan *Probabilistic Affinity Index* (PAI) merepresentasikan pola kekuatan relasi yang sesuai dengan kondisi jaringan yang sebenarnya baik pada *user* yang memiliki banyak relasi ataupun sedikit.
2. Penggunaan PAI untuk pembobotan relasi dapat dikombinasikan dengan metode *Laplacian centrality* (LC) dalam pengukuran *centrality* pada kasus graf tak berarah- berbobot.
3. Perubahan bobot pada relasi *follow*, *mention*, dan *reply* menyebabkan ada *user* yang mengalami peningkatan maupun penurunan nilai LC namun terjadi pada seluruh *user* sehingga tidak mempengaruhi perankingan. Peningkatan nilai LC disebabkan meningkatnya pengaruh *user* tersebut terhadap nilai *Laplacian energy* (LE) jaringannya dan sebaliknya penurunan nilai LC disebabkan menurunnya pengaruh *user* tersebut terhadap nilai LE yang terus meningkat. Semakin banyak relasi *follow*, *mention*, atau *reply* yang dimiliki *user* tersebut dan tetangganya maka semakin besar pengaruh *user* terhadap LE.
4. Perubahan bobot pada relasi *follow* pada pengujian juga menyebabkan ada *user* yang mengalami peningkatan maupun penurunan nilai LC namun dapat mempengaruhi perankingan. Hal ini disebabkan perubahan bobot hanya pada relasi *follow* sehingga perubahan signifikan terjadi pada *user* yang memiliki banyak relasi tersebut.

5. Perubahan bobot pada relasi *mention* pada pengujian menyebabkan semakin banyak *user* yang mengalami penurunan nilai LC namun dapat mempengaruhi perankingan. Hal ini disebabkan jumlah relasi *mention* yang lebih sedikit di jaringan dibandingkan relasi *follow*.
6. Perubahan bobot pada relasi *reply* pada pengujian menyebabkan banyak *user* yang mengalami penurunan nilai LC namun dapat mempengaruhi perankingan. Hal ini disebabkan jumlah relasi *reply* yang lebih sedikit di jaringan dibandingkan relasi *follow* dan *mention*.
7. Besarnya pengaruh *user* dapat dilihat dengan penghapusan *user* dari jaringan dimana mengakibatkan penurunan nilai LE dan perubahan ranking pada *user* lainnya disebabkan penghapusan *user* akan menghapus relasi yang terhubung dengannya sehingga mempengaruhi pola relasi yang dimiliki *user* lainnya. Hasil perhitungan PAI dan LC bergantung pada karakteristik data yaitu jumlah relasi *follow*, *mention*, dan atau *reply* yang ada dalam jaringan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, dapat digunakan metode pembobotan relasi seperti Jaccard Index, Salton-Ochai, maupun *Probabilistic Partnership Index* (PPI) sehingga dapat dibandingkan hasil yang diperoleh.
2. Pemilihan dataset yang digunakan dapat diambil dari kasus *social media* lain seperti Facebook, Youtube, dll.
3. Menggunakan data acuan yang ilmiah dan sudah teruji keakuratannya yang dapat digunakan sebagai data uji penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faccioni Filho, Mauro. (2006). *Social Network Analysis*. London: Queen Mary University of London. [Online]. Available: <http://labspace.open.ac.uk/mod/resource/view.php?id=378588>
- [2] Freeman, L. C. (2002). *The Study of Social Network*. [Online]. Available: http://www.insna.org/what_is_sna.html
- [3] Krebs, V. (2006). *How to Do Social Network Analysis*. [Online]. Available: <http://www.orgnet.com/sna.html>
- [4] Pan, L. (2007). *Effective and Efficient Methodologies for Social Network Analysis*. USA: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [5] Qi, X., Duval, R. D., Christensen, K., Fuller, E., Spahiu, A., Wu, Q., et al. (2013). *Terrorist Networks, Network Energy and Node*

- Removal: A New Measure of Centrality Based on Laplacian Energy*. *Social Networking*, 19-31.
- [6] Qi, X., Fuller, E., Wu, Q., Wu, Y., & Zhang, C. Q. (2012). *Laplacian Centrality: A New Centrality Measure for Weighted Networks*. *Information Sciences*, 240-253.
- [7] Rosenman, E.T. (2012). *Retweets-but Not Just Retweets: Quantifying and Predicting Influence on Twitter*. Cambridge.
- [8] *Social Network Analysis Theory and Application*. (2011).
- [9] Sulasikin, A. (2012). *Analysis Degree Centrality dalam Social Netwrok Analysis menggunakan Probabilistic Affinity Index (PAI) pada Graf Berarah-Berbobot*. Bandung: Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom.
- [10] Susanto, B., Herlina., & C., Antonius R. (n.d.). *Penerapan Social Network Analysis dalam Penentuan Centrality Studi Kasus Social Network Twitter*.
- [11] Takkini, MR. (2013). *Social Network Analysis menggunakan Metode Laplacian Centrality*. Bandung: Fakultas Informatika, Telkom University
- [12] Tsvetovat, M. & Kouznetsov, A. (2011). *Social Network Analysis for Startup*. Sebastopol : O'Reilly Media, Inc.
- [13] Yamashita, Yasuhiro. & Okubo, Yoshiko. (2006). *Pattern of Scientific Collaboration between Japan and France*. Akademiai Kiado, Budapest and Springer, Dordrecht, *Scientometrics*, vol.68, no.2, pp. 203-324.
- [14] Zitt, M., Bassecouard, E., & Okubo, Y. (2000). *Shadows of the Past in International Cooperation: Collaboration Profiles of the Top Five Producers of Science*. Kluwer Academic Publishers-Akademiai Kiado. Vol. 47 No. 3 627-657.