

Analisis *Hubs and Authorities Centrality* menggunakan *Probabilistic Affinity Index* (PAI) pada graf berarah-berbobot dalam *Social Network Analysis*

Muhammad Thomy Farhan¹, Eko Darwiyanto², Ibnu Asror³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹thomyfarhan@student.telkomuniversity.ac.id, ²ekodarwiyanto@telkomuniversity.ac.id,

³iasror@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Social media merupakan wadah dalam melakukan interaksi yang terhubung ke jaringan internet, *Twitter* adalah salah satu contoh dari *social media*. Dalam *twitter* terkadang seseorang tidak ingin tertinggal informasi terkait topik tertentu, sehingga perlu mem-follow *user* yang berkaitan dengan topik tersebut agar informasi dapat diperoleh dengan cepat. Pada penelitian ini dilakukan analisis yang menerapkan metode *Hubs and Authorities Centrality* untuk menentukan perankingan *user* dan metode *Probabilistic Affinity Index* untuk pembobotan nilai. Hasil perankingan *authority centrality* dapat dijadikan daftar rekomendasi suatu *user* yang berperan atau mempunyai informasi mengenai topik tertentu dan hasil perankingan *hub centrality* dapat dijadikan daftar rekomendasi suatu *user* yang memiliki ketertarikan pada topik tertentu. Dari pengujian pada penelitian ini, perubahan jumlah *user* lain yang berelasi dengan *user* mempunyai rata-rata terbesar perubahan nilai *centrality* sebesar 0.01188. Sementara perubahan jumlah relasi mempunyai rata-rata terbesar perubahan nilai *centrality* sebesar 1.44087×10^{-9} . Berdasarkan pengujian tersebut, jumlah *user* lain yang berelasi dengan *user* mempunyai pengaruh besar pada hasil perankingan dibandingkan dengan jumlah relasi yang dimiliki oleh *user*.

Kata kunci : *Social Media, Twitter, Hubs and Authorities Centrality, Probabilistic Affinity Index, authority centrality, hub centrality*

Abstract

Social media is a place for interaction that is connected to the internet network, *Twitter* is one example of *social media*. In *twitter* sometimes someone does not want to be left behind information related to a particular topic, so it is necessary to follow the user related to the topic so that information can be obtained quickly. In this study, an analysis was carried out that applied the *Hubs and Authorities Centrality* method to determine user rankings and the *Probabilistic Affinity Index* method for weighting values. The results of *authority centrality* ranking can be used as a list of recommendations of a user who plays a role or has information about a particular topic and the results of *centrality hub* ranking can be used as a list of recommendations of a user who has an interest in a particular topic. From the testing in this study, changes in the number of other users that are related to the user have the largest average change in *centrality* value of 0.01188. While the change in the number of relations has the largest average change in the *centrality* value of 1.44087×10^{-9} . Based on these tests, the number of other users that are related to the user has a large influence on the results of ranking compared to the number of relationships owned by the user.

Keywords : *Social Media, Twitter, Hubs and Authorities Centrality, Probabilistic Affinity Index, authority centrality, hub centrality*

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Interaksi antar individu dapat membentuk sebuah *social network*, pesatnya perkembangan *social network* membuat sebuah interaksi mudah untuk dilakukan. *Social media Twitter* merupakan salah satu wadah dalam membentuk *social network*. Dalam *twitter* terkadang seseorang tidak ingin tertinggal informasi terkait topik tertentu, sehingga memerlukan banyak referensi *user* agar informasi dapat diperoleh dengan cepat. Oleh karena itu diperlukan daftar *user* yang direkomendasikan sesuai dengan peranan dan ketertarikan *user* pada topik tertentu. Pada penelitian ini didapatkan perankingan *user* yang dapat dijadikan rekomendasi *user* untuk di-follow, terdapat dua kelompok perankingan yaitu *user* yang memiliki observasi luas terhadap sebuah topik dan *user* yang berperan atau memiliki informasi mengenai topik. Dalam *social network*, *user* atau individu dapat disebut sebagai *node*.

Teknik untuk menganalisis *social network* dinamakan *Social Network Analysis* (SNA), salah satu pengukuran SNA yang paling sering digunakan adalah *Centrality Measurement* [5] yang terdiri dari *Degree centrality*, *Betweenness*, *Closeness*, *Eigenvector* dan lainnya. Pada penelitian ini, penulis menentukan *node* yang paling berpengaruh dalam sebuah jaringan dari salah satu *social media* yaitu *Twitter* menggunakan metode *Hubs and Authorities Centrality*. Metode *Hubs and Authorities Centrality* merupakan gagasan baru dari metode *Eigenvector*, dimana *node* memiliki dua buah atribut baru yaitu *authority* dan *hub* [4]. Berbeda dengan penelitian sebelumnya [4] dimana masih menggunakan metode pembobotan biasa tanpa memperhitungkan relasi keseluruhan *node*, pada penelitian ini menerapkan metode *Probabilistic Affinity Index* (PAI) dalam melakukan pembobotan agar diperoleh hasil yang relevan dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. PAI mengukur rasio jumlah relasi antara yang diamati (*observed value*) dengan yang diharapkan (*expected value*) [10].

Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini:

1. Bagaimana menentukan peringkat *node* paling berpengaruh dalam suatu kelompok menggunakan metode *Hubs and Authorities Centrality* yang menerapkan *Probabilistic Affinity Index*?
2. Bagaimana pengaruh perubahan bobot menggunakan *Probabilistic Affinity Index* (PAI) terhadap hasil pengukuran *Hubs and Authorities Centrality*?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi nilai *hub centrality* dan *authority centrality* dengan menerapkan *Probabilistic Affinity Index* (PAI)?

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Data yang dianalisis berasal dari *social media Twitter*
2. Dataset diambil menggunakan aplikasi *NodeXL* dengan *query* acuan "#Asiangames2018" dari tanggal 4 sampai 5 Agustus 2018.
3. menggunakan konsep graf berarah berbobot (*directed-weighted graph*).
4. Nilai pembobotan hanya berasal dari jumlah relasi *mention* dan *reply*.
5. Menggunakan aplikasi *Matlab* dalam pengukuran nilai *centrality*.
6. Hasil perbandingan dibatasi sebanyak 8 *node* dengan nilai *centrality* tertinggi.

Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan peringkat *node* berpengaruh dalam suatu kelompok menggunakan *Hubs and Authorities Centrality* yang menerapkan *Probabilistic Affinity Index*.
2. Menganalisis pengaruh bobot dari hasil penerapan metode *Probabilistic Affinity Index* (PAI) terhadap hasil pengukuran *Hubs and Authorities Centrality*.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai *hub centrality* dan *authority centrality* dengan menerapkan *Probabilistic Affinity Index* (PAI).

Organisasi Tulisan

Tugas Akhir ini disusun dalam beberapa bab yang terdiri dari :

1. Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, topik dan pembahasannya dan tujuan.
2. Studi terkait yang menjelaskan perkembangan dan riset-riset terkait *Social Network Analysis*.
3. Sistem yang dibangun menjelaskan metode pembahasan topik serta desain sistem.
4. Evaluasi menjelaskan hasil pengujian dan analisa pengujian.
5. Kesimpulan berisi rangkuman analisa pengujian yang telah dilakukan.

2. Studi Terkait

Studi Terkait

Penelitian-penelitian sebelumnya yang telah melakukan penelitian terkait *Social Network Analysis* yaitu Puspita Kumar dan Kang Zhang dimana pada penelitian tersebut memperlihatkan perbedaan hasil nilai *centrality* dengan menggunakan tiga buah metode yaitu *Degree*, *Betweenness* dan *Closeness Centrality*, dari perhitungan tiga *centrality* yang telah dilakukan disimpulkan bahwa *node* yang paling aktif tidak selalu mempunyai peringkat yang tinggi [6]. Pada penelitian yang lain [3] telah dilakukan percobaan metode *Hubs and Authorities Centrality* dengan studi kasus jaringan *website*, dari penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa nilai *Authority* yang baik akan didapatkan jika mempunyai relasi dengan nilai *Hub* yang baik dan begitupun sebaliknya.

Yasuhiro Yamashita dan Yoshiko Okubo melakukan penelitian penggunaan *Probabilistic Affinity Index* (PAI) dengan jurnal kolaborasi penelitian antar Jepang dan Perancis dalam 24 tahun sebagai bahan data [10], hasil dari penelitian tersebut adalah nilai PAI setiap *node* dipengaruhi oleh total relasi yang terjadi diluar *node* tersebut.

Social Network

Social network adalah sebuah pola koneksi atas interaksi yang dilakukan antara individu atau kelompok yang saling terhubung satu sama lainnya. *Social network* dapat direpresentasikan dalam bentuk graf, dimana sebuah *node* merupakan aktor atau individu dan *edge* merupakan hubungan atau interaksi antar aktor tersebut [1].

Social Network Analysis

Social Network Analysis (SNA) merupakan sebuah teknik dimana interaksi antar individu akan dianalisis, dipelajari dan dikaji. Liang dan Chen [9] mendefinisikan SNA merupakan teknik yang digunakan untuk meneliti hubungan antar aktor sosial, membangun model hubungan sosial, menemukan hubungan sosial antar aktor, menjelaskan struktur dari hubungan sosial dan mempelajari pengaruh struktur sosial individu dalam kelompok.

Social Media Twitter

Twitter merupakan layanan *social media* dimana pengguna melakukan interaksi dengan saling mengirim *tweet*, *tweet* merupakan pesan singkat yang dibatasi 280 karakter. Terdapat beberapa relasi yang terjadi dalam *twitter* yaitu *follow*, *retweet*, *mention*, *reply*, *like* dan *direct message*.

Matriks

Matriks adalah kumpulan nilai yang tersusun atas baris dan kolom, sebuah *social network* dapat direpresentasikan kedalam matriks dimana nilai bobot merupakan jumlah relasi yang terjadi antar *node*.

Tabel 1. Matriks

	A	B	C	D
A	0	0	1	0
B	1	0	3	0
C	2	0	0	0
D	0	0	2	0

Berdasarkan Tabel 1, terdapat empat buah *node* dan masing-masing *node* memiliki nilai jumlah relasi dengan *node* lainnya. Pada penelitian ini, konsep graf berarah-berbobot diterapkan sehingga nilai bobot antar *node* yang sama bisa berbeda. *Indegree* merupakan jumlah relasi yang diterima oleh *node*, sementara *outdegree* merupakan jumlah relasi yang diinisialisasi oleh *node* contohnya *node* 'C' memiliki *outdegree* sebanyak 2 dan *indegree* sebanyak 6. *Node in* merupakan jumlah *node* yang menunjuk ke sebuah *node*, sementara *node out* merupakan jumlah *node* yang ditunjuk oleh sebuah *node* contohnya *node* 'C' memiliki *node out* sebanyak 1 dan *node in* sebanyak 3.

Hubs and Authorities Centrality

Metode ini merupakan salah satu jenis metode dari *Centrality Measurement*, yang merupakan sebuah pengukuran *centrality* berdasarkan dengan kondisi dari sebuah jaringan. Dalam metode ini, sebuah *node* memiliki nilai *hub* dan *authority*. Nilai *hub* merupakan nilai *centrality* sebuah *node* dalam kemampuannya membuat sebuah relasi dengan *node* lain sementara nilai *authority* merupakan nilai *centrality* sebuah *node* berdasarkan banyaknya relasi menuju *node* tersebut. *Hub centrality* dan *authority centrality* dihitung dengan persamaan [4, [11].

$$AA^T y = \lambda y \quad (1)$$

$$A^T Ax = \lambda x \quad (2)$$

Formula [1] merupakan persamaan dalam mencari nilai *hub* dan Formula [2] merupakan persamaan dalam mencari nilai *authority*. Variabel *A* merupakan sebuah matriks $n \times n$, variabel A^T merupakan transpose dari matriks *A* dan Variabel λ merupakan nilai *eigen* terbesar dari matriks *A*. Variabel *y* dan *x* merupakan sebuah vektor yang menampung nilai *hub* dan *authority*. Langkah penerapan metode ini terdapat pada Lampiran 5 dan Lampiran 6.

Probabilistic Affinity Index (PAI)

Metode ini merupakan salah satu metode dari *Similarity Coefficient*, *Similarity Coefficient* adalah teknik pengukuran untuk mengukur sejauh mana objek menyerupai satu sama lain [8]. PAI mengukur rasio jumlah relasi

antara yang diamati (*observed value*) dengan yang diharapkan (*expected value*) [10]. Persamaan PAI [7, 10].

$$PAI_{ij} = \frac{n_{ij}}{E[n_{ij}]} = n_{..} \times \frac{n_{ij}}{n_i \times n_j} \quad (3)$$

Berdasarkan Formula [3], nilai n_{ij} merupakan nilai *observed* yang merupakan jumlah relasi yang terjadi pada suatu jaringan sementara $E[n_{ij}]$ merupakan nilai *expected* yang merupakan kondisi total relasi dari *node*. Variabel n_i dan n_j merupakan jumlah *node* yang berelasi dengan *node* 'i' dan *node* 'j', $n_{..}$ merupakan nilai yang berisi ukuran dari matriks. Langkah penerapan metode ini terdapat pada Lampiran 4.

Validasi

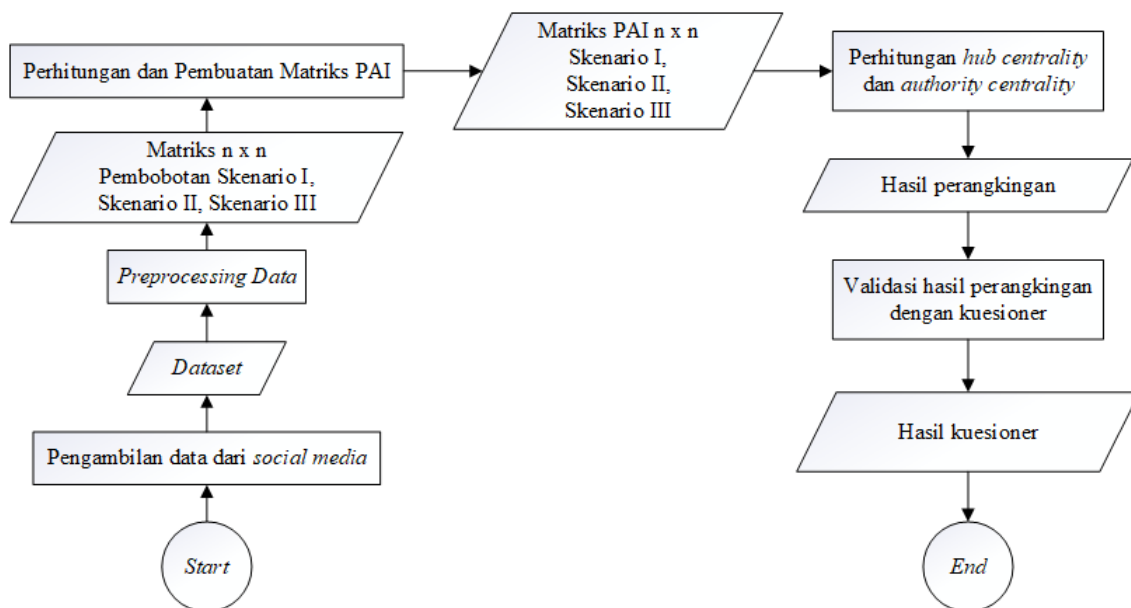
Kuesioner adalah daftar pertanyaan untuk diisi oleh responden, yang digunakan sebagai alat komunikasi antara peneliti dengan responden. Pada penelitian [2] dilakukan validasi menggunakan kuesioner untuk menentukan apakah sistem rekomendasi lebih baik atau tidak berdasarkan evaluasi subjektif pengguna. Pada penelitian ini hasil kuesioner dijadikan sebagai validasi apakah hasil perankingan *centrality* dapat dijadikan sebagai rekomendasi *user*, semakin tinggi nilai validasi maka hasil rekomendasi sesuai dengan apa yang *user* inginkan.

Dataset

Dataset yang digunakan pada penelitian ini diambil menggunakan aplikasi *NodeXL*. *NodeXL* mengambil data dari *social media* Twitter dengan *query* "#Asiangames2018", *dataset* tersebut memiliki jumlah *node* sebanyak 1176, jumlah relasi *mention* sebanyak 1590 dan jumlah relasi *reply* sebanyak 23 yang diambil dari tanggal 4 sampai 5 Agustus 2018.

3. Sistem yang Dibangun

Research Framework



Gambar 1. Alur Perancangan Sistem

Pengambilan data dari social media

Dataset diperoleh menggunakan aplikasi bernama *NodeXL* yang dijalankan melalui aplikasi *Microsoft Excel*. Aplikasi *NodeXL* dapat mengambil informasi dari beberapa *social media*. Pada *dataset* yang diperoleh merupakan informasi seperti *username* dan jenis relasi antar *user* tersebut yang terbentuk dalam tabel. *Dataset* yang diambil dari aplikasi tersebut mempunyai format data *XLSX*. Contoh hasil tabel terdapat pada Lampiran 2.

Preprocessing Data

Dataset diproses pada tahap *preprocessing* menggunakan aplikasi *Matlab*. Langkah pertama dalam tahap *preprocessing* adalah proses *parsing data* yaitu penghapusan *self-loop* (*node* yang memiliki relasi dengan dirinya sendiri) dan pemisahan relasi dan *node* yang dilakukan oleh aplikasi *Matlab*. Setelah *parsing data* selesai, sistem

melakukan pembobotan dan membuat matriks $n \times n$. Dalam melakukan pembobotan sistem akan menghitung setiap relasi yang terjadi antar *node*, terdapat dua jenis relasi yaitu *mention* dan *reply*. Konsep graf berarah-berbobot diterapkan dalam pembobotan ini, dimana jumlah bobot relasi dari sebuah *node* 'A' kepada *node* 'B' dengan *node* 'B' kepada *node* 'A' tidak akan sama ($W_{AB} \neq W_{BA}$). Sebagai contoh, *node* 'A' melakukan relasi *reply* sebanyak dua kali kepada *node* 'B' maka $W_{AB} = 2$ dan apabila *node* 'B' melakukan relasi *mention* sebanyak tiga kali kepada *node* 'A' maka $W_{BA} = 3$. Contoh hasil matriks yang telah dilakukan *preprocessing* terdapat pada Lampiran 3.

Perhitungan dan Pembuatan Matriks PAI

Setelah tahap *preprocessing*, nilai bobot dalam matriks diolah dengan pengukuran PAI menggunakan aplikasi *Matlab*. Setiap nilai bobot diperoleh nilai *observed value* dan *expected value* lalu akan dicari rasio dari kedua nilai tersebut sehingga menghasilkan nilai bobot yang baru. Nilai bobot yang baru akan membentuk matriks PAI, Langkah perhitungan terdapat di Lampiran 4.

Perhitungan *hub centrality* dan *authority centrality*

Pada tahap ini, matriks yang telah diperoleh akan diolah dengan pengukuran *hub centrality* dan *authority centrality* menggunakan aplikasi *Matlab*. Hasil yang didapat adalah nilai *hub centrality* dan *authority centrality* yang dimiliki oleh masing-masing *node*, lalu sistem melakukan pengurutan nilai *centrality* dari yang paling tertinggi. Langkah perhitungan terdapat di Lampiran 5 dan Lampiran 6.

4. Evaluasi

Tahap Pengujian dibagi menjadi tiga skenario dimana akan dianalisis hasil perankingan dan pengaruh terhadap hasil *centrality*, setiap skenario mempunyai tujuannya masing-masing. Pada skenario pertama pembobotan tidak dilakukan modifikasi atau menggunakan *dataset* yang murni, sementara pada skenario kedua dan ketiga dilakukan penambahan bobot untuk melihat pengaruhnya. Setelah ketiga skenario ini diuji, dilakukan validasi terhadap hasil perankingan *node* tertinggi pada skenario pertama dengan membuat kuesioner.

Pengujian Skenario Pertama

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan hasil ranking pada *hub centrality* dan *authority centrality* dengan menerapkan PAI atau tanpa PAI yang bertujuan untuk mengetahui penyebab perbedaan urutan ranking.

Tabel 2. Hasil *Hub Centrality*

(a) Hasil <i>Hub Centrality</i> tanpa menggunakan PAI					(b) Hasil <i>Hub Centrality</i> menggunakan PAI				
No.	Node	Hub Centrality	Node Out	Outdegree	No.	Node	Hub Centrality	Node Out	Outdegree
1	sushimaccheese	0.352488488	1	8	1	jualkaos2010	0.074411906	10	11
2	destikaambar_	0.265204957	2	7	2	lalaaaaaf39	0.07063796	3	5
3	ilovecrowen	0.264366366	1	6	3	aminahe2	0.070305138	2	6
4	memethachai	0.176244244	1	4	4	mulyawanagris	0.070305126	2	3
5	ismimaulidyati	0.176244244	1	4	5	andikagd101	0.070305126	2	3
6	jonachivers_	0.176244244	1	4	6	ayubjosepha	0.070305126	2	3
7	aminahe2	0.138937451	2	6	7	bimoopras	0.070305126	2	3
8	citradeviaa	0.132183183	1	3	8	aerha77	0.070305126	2	2
:					:				
42	jualkaos2010	0.04757027	10	11	25	sushimaccheese	0.067330561	1	8
:					:				
331	martavye	0.000499958	9	12	329	martavye	0.001226467	9	12

Berdasarkan Tabel 2 terdapat beberapa *node* dengan nilai *Hub Centrality*, *Node Out* dan *Outdegree* yang diurutkan dari nilai *Hub Centrality* tertinggi. Pada pengujian tanpa menggunakan PAI, *node* 'sushimaccheese' mempunyai nilai *centrality* tertinggi sebesar 0.3525. Sementara pada pengujian menggunakan PAI, *node* 'jualkaos2010' mempunyai nilai *centrality* tertinggi sebesar 0.0744. Kedua nilai tersebut memiliki selisih yang jauh karena pada pengukuran tanpa PAI jumlah *outdegree* menuju *node* yang memiliki ranking tinggi mempunyai pengaruh yang kuat untuk menentukan nilai *centrality*. Sementara pada pengukuran dengan PAI jumlah *node out* menuju *node* yang memiliki ranking tinggi mempunyai pengaruh yang kuat. Alasan tersebut juga yang membuat daftar urutan *node* tertinggi menjadi berbeda jauh antara penggunaan PAI dan tidak. *Node* 'martavye' memiliki

nilai *node out* dan *outdegree* yang besar, tetapi mempunyai nilai *hub* yang kecil. Hal ini disebabkan karena *node* yang mempunyai relasi dengan *node* 'martavye' tidak memiliki nilai *authority* yang tinggi.

Tabel 3. Hasil Authority Centrality

(a) Hasil Authority Centrality tanpa menggunakan PAI					(b) Hasil Authority Centrality menggunakan PAI				
No.	Node	Auth Centrality	Node In	Indegree	No.	Node	Auth Centrality	Node In	Indegree
1	inabadminton	0.998340514	219	280	1	inabadminton	0.99801391	219	280
2	antoagustian	0.051012989	36	57	2	antoagustian	0.044090979	36	57
3	asiangames2018	0.019000892	64	73	3	badmintontalk	0.029041402	12	13
4	badmintontalk	0.01412427	12	13	4	asiangames2018	0.019764138	64	73
5	_tniau	0.004745219	19	21	5	mbahuyok	0.010604486	31	31
6	footballina_eng	0.004373252	6	7	6	yanurr266210	0.010076926	83	104
7	mbahuyok	0.004143381	31	31	7	_tniau	0.007719989	19	21
8	jaktvcom	0.003896799	1	1	8	_tnial	0.0076842	15	15

Berdasarkan Tabel 3, terdapat beberapa *node* dengan nilai *Authority Centrality*, *Node In* dan *Indegree* yang diurutkan dari nilai *Authority Centrality* tertinggi. Pada kedua tabel, terdapat *node* yang memiliki urutan yang sama namun memiliki nilai *authority* yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ranking di Tabel 2 yang mempengaruhi nilai pada masing-masing *node* di Tabel 3 karena nilai *authority* selalu bergantung dengan nilai *hub*, begitupun sebaliknya.

Pengujian Skenario Kedua

Tabel 4. Ilustrasi penambahan bobot pada Skenario Kedua

	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5	Pengujian 6	Pengujian 7	Pengujian 8
Reply	B	B	B	B	B	B	B	B
Mention	B + 1	B + 2	B + 3	B + 4	B + 5	B + 6	B + 7	B + 8

Berdasarkan Tabel 4, variabel B merupakan bobot awal tanpa dilakukan modifikasi. Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan relasi terhadap nilai *authority centrality* baik menggunakan PAI atau tanpa PAI. Dalam pengujian ini relasi *mention* ditambahkan bobotnya sebanyak 1 hingga 8 yang dilakukan selama 8 kali pengujian, pengujian hanya dilakukan selama 8 kali karena pola perubahan nilai sudah terlihat dengan jelas.

Tabel 5. Hasil Authority Centrality tanpa menggunakan PAI dan jumlah Relasi

No	Node	Pengujian							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	inabadminton	0.99833496	0.99833394	0.99833358	0.99833342	0.99833333	0.99833328	0.99833324	0.99833322
		559	838	1117	1396	1675	1954	2233	2512
2	antoagustian	0.05110545	0.05112259	0.05112859	0.05113136	0.05113286	0.05113377	0.05113436	0.05113476
		114	171	228	285	342	399	456	513
3	asiangames2018	0.01903462	0.01904088	0.01904306	0.01904408	0.01904463	0.01904496	0.01904517	0.01904532
		146	219	292	365	438	511	584	657
4	badmintontalk	0.01412431	0.01412432	0.01412432	0.01412432	0.01412433	0.01412433	0.01412433	0.01412433
		25	37	49	61	73	85	97	109
5	_tniau	0.00475348	0.004755	0.00475552	0.00475576	0.00475589	0.00475596	0.00475601	0.00475605
		42	63	84	105	126	147	168	189
6	footballina_eng	0.00438044	0.00438177	0.00438223	0.00438245	0.00438256	0.00438263	0.00438268	0.00438271
		14	21	28	35	42	49	56	63
7	mbahuyok	0.0041498	0.00415099	0.0041514	0.0041516	0.0041517	0.00415176	0.00415181	0.00415183
		62	93	124	155	186	217	248	279
8	jaktvcom	0.00390247	0.00390352	0.00390389	0.00390406	0.00390416	0.00390421	0.00390425	0.00390427
		2	3	4	5	6	7	8	9
EIGENVALUE		2050.56965	4612.53554	8199.28779	12810.8264	18447.1513	25108.2626	32794.1602	41504.8442

Berdasarkan Tabel 5, warna merah adalah penurunan nilai *centrality*, warna hijau adalah kenaikan nilai *centrality* dan terdapat jumlah relasi terletak dibawah nilai *centrality* pada setiap *node*. *Node* 'inabadminton' mengalami penurunan nilai *authority* karena *node* tersebut memiliki banyak relasi dengan *node* yang mengalami penurunan nilai *hub*, tetapi tidak diimbangi dengan kenaikan nilai *hub* pada *node* yang berelasi dengan *node* 'inabadminton'. Nilai rata-rata perubahan *authority* terbesar dimiliki oleh *node* 'antoagustian' dengan nilai sebesar 3.66456×10^{-6} . Nilai *eigen* memiliki rata-rata perubahan nilai sebesar 4931.

Tabel 6. Hasil *Authority Centrality* menggunakan PAI dan jumlah Relasi

No	Node	Pengujian							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	inabadminton	0.99801391	0.99801391	0.99801391	0.99801391	0.99801391	0.99801391	0.99801391	0.99801391
		559	838	1117	1396	1675	1954	2233	2512
2	antoagustian	0.044091	0.04409101	0.04409101	0.04409101	0.04409101	0.04409101	0.04409101	0.04409101
		114	171	228	285	342	399	456	513
3	badmintontalk	0.0290414	0.0290414	0.0290414	0.0290414	0.0290414	0.0290414	0.0290414	0.0290414
		25	37	49	61	73	85	97	109
4	asiangames2018	0.01976414	0.01976414	0.01976414	0.01976414	0.01976414	0.01976414	0.01976414	0.01976414
		146	219	292	365	438	511	584	657
5	mbahuyok	0.01060449	0.01060449	0.01060449	0.01060449	0.01060449	0.01060449	0.01060449	0.01060449
		62	93	124	155	186	217	248	279
6	yanurr266210	0.01007696	0.01007697	0.01007697	0.01007697	0.01007697	0.01007697	0.01007697	0.01007697
		207	310	413	516	619	722	825	928
7	_tniau	0.00772001	0.00772002	0.00772002	0.00772002	0.00772002	0.00772002	0.00772002	0.00772002
		42	63	84	105	126	147	168	189
8	_tnial_	0.00768423	0.00768423	0.00768423	0.00768423	0.00768423	0.00768423	0.00768423	0.00768423
		30	45	60	75	90	105	120	135
EIGENVALUE		219.70947	219.709475	219.709477	219.709478	219.709478	219.709479	219.709479	219.709479

Berdasarkan Tabel 6, warna merah adalah penurunan nilai *centrality*, warna hijau adalah kenaikan nilai *centrality* dan terdapat jumlah relasi terletak dibawah nilai *centrality* pada setiap *node*. *Node* 'yanurr266210' memiliki rata-rata perubahan nilai *authority* terbesar yaitu sebesar 1.44087×10^{-9} dan nilai *eigen* memiliki rata-rata perubahan nilai sebesar 1.12618×10^{-6} . Kenaikan relasi setiap pengujian pada *node* 'yanurr266210' termasuk besar, tetapi perubahan *authority* pada *node* tersebut sangat kecil dan perubahan nilai *eigen* setiap pengujian pada Tabel 6 mempunyai selisih yang jauh dibandingkan dengan Tabel 5. Hal ini membuktikan bahwa jumlah relasi berpengaruh kecil terhadap hasil nilai *centrality* dengan menerapkan PAI walaupun jumlah relasi yang dimiliki setiap *node* mengalami kenaikan yang besar. Pengujian ini hanya dilakukan analisis untuk *authority centrality* karena pola perubahan nilai pada *hub centrality* memiliki kemiripan dengan *authority centrality*, sehingga analisis untuk *authority* ini sudah menggambarkan analisis untuk *hub*.

Pengujian Skenario Ketiga

Pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan nilai *node in* dan *node out* untuk nilai *centrality*, pengujian ini dilakukan sebanyak 8 kali. Pada setiap pengujian, *node out* pada 8 *node hub* tertinggi di Tabel 2 ditambah sebanyak 1 dan *node in* pada 8 *node authority* tertinggi di Tabel 3 ditambah sebanyak 1.

Tabel 7. Hasil *Hub Centrality* menggunakan PAI dan jumlah *Node Out*

No	Node	Pengujian							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	jualkaos2010	0.07789681	0.08169063	0.08583084	0.09035991	0.09532572	0.10078177	0.1067871	0.11340551
		11	12	13	14	15	16	17	18
2	lalaaaaaf39	0.07396602	0.07759055	0.08154776	0.08587875	0.09062992	0.09585326	0.10160629	0.10795138
		4	5	6	7	8	9	10	11
3	aminahe2	0.07361842	0.07722694	0.08116679	0.08547891	0.09020955	0.09541052	0.10113914	0.10745762
		3	4	5	6	7	8	9	10
4	mulyawanagris	0.07361839	0.07722689	0.08116672	0.08547881	0.09020941	0.09541033	0.10113891	0.10745734
		3	4	5	6	7	8	9	10
5	andikagd101	0.07361839	0.07722689	0.08116672	0.08547881	0.09020941	0.09541033	0.10113891	0.10745734
		3	4	5	6	7	8	9	10
6	ayubjosepha	0.07361839	0.07722689	0.08116672	0.08547881	0.09020941	0.09541033	0.10113891	0.10745734
		3	4	5	6	7	8	9	10
7	bimoopras	0.07361839	0.07722689	0.08116672	0.08547881	0.09020941	0.09541033	0.10113891	0.10745734
		3	4	5	6	7	8	9	10
8	aerha77	0.07361839	0.07722689	0.08116672	0.08547881	0.09020941	0.09541033	0.10113891	0.10745734
		3	4	5	6	7	8	9	10
EIGENVALUE		220.230492	220.802625	221.433184	222.130864	222.90599	223.77087	224.740204	225.831571

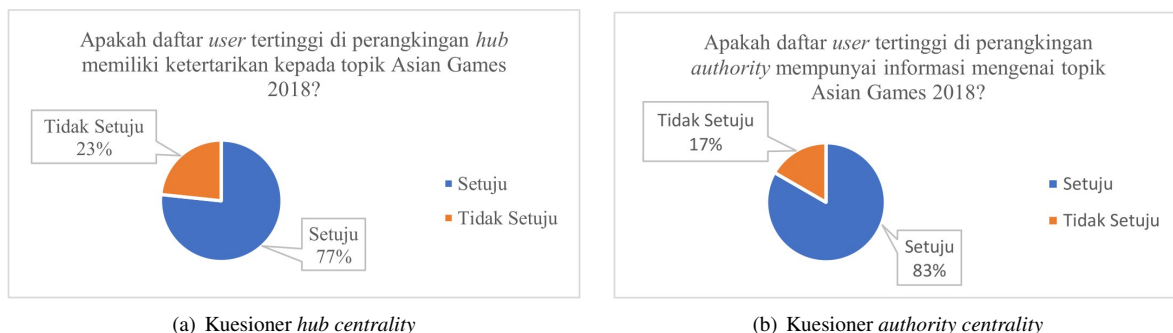
Berdasarkan Tabel 8, warna merah adalah penurunan nilai *centrality*, warna hijau adalah kenaikan nilai *centrality* dan terdapat jumlah *node out* terletak dibawah nilai *centrality* pada setiap *node*. Seluruh *node* mengalami kenaikan nilai *hub*, hal ini disebabkan karena *node* tersebut memiliki lebih banyak relasi dengan *node* yang mengalami kenaikan nilai *authority* dibandingkan dengan *node* yang mengalami penurunan nilai *authority*. *Node* 'jualkaos2010' memiliki rata-rata perubahan nilai *hub* terbesar yaitu sebesar 0.00444 dan nilai *eigen* memiliki rata-rata perubahan nilai sebesar 0.70013. Penambahan jumlah *node out* berdampak cukup besar pada nilai *centrality* dibandingkan dengan penambahan jumlah relasi pada Tabel 6, hal ini membuktikan bahwa perubahan *node out* lebih mempengaruhi nilai *centrality* dibandingkan dengan perubahan relasi.

Tabel 8. Hasil *Authority Centrality* menggunakan PAI dan jumlah *Node In*

No	Node	Pengujian							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	inabadminton	0.99670197	0.99465039	0.9916655	0.98751909	0.98195175	0.97468328	0.96543297	0.95395123
		220	221	222	223	224	225	226	227
2	antoagustian	0.05061455	0.05776715	0.06559699	0.07414287	0.08342698	0.09344583	0.10416038	0.11548705
		37	38	39	40	41	42	43	44
3	badmintontalk	0.03462395	0.04076837	0.0475233	0.05493098	0.06302111	0.07180301	0.08125662	0.09132392
		12	13	14	15	16	17	18	19
4	asiangames2018	0.0275954	0.03617902	0.04557179	0.0558188	0.06694466	0.07894249	0.0917619	0.10529813
		65	66	67	68	69	70	71	72
5	mbahuyok	0.01687256	0.02377543	0.03136863	0.0397006	0.04880567	0.05869504	0.06934651	0.08069443
		32	33	34	35	36	37	38	39
6	yanurr266210	0.01983771	0.03049923	0.04212123	0.0547466	0.06839036	0.0830263	0.09857278	0.11488068
		84	85	86	87	88	89	90	91
7	_tniau	0.01569196	0.02443383	0.03400469	0.04445201	0.05580265	0.06805166	0.08114989	0.09499274
		20	21	22	23	24	25	26	27
8	_tnial_	0.01559449	0.02426945	0.03376793	0.04413734	0.05540466	0.06756541	0.08057126	0.09431889
		15	16	17	18	19	20	21	22
EIGENVALUE		221.090597	222.639309	224.380884	226.34402	228.560699	231.065695	233.89557	237.087014

Berdasarkan Tabel 8, warna merah adalah penurunan nilai *centrality*, warna hijau adalah kenaikan nilai *centrality* dan terdapat jumlah *node in* terletak dibawah nilai *centrality* pada setiap *node*. *Node* 'yanurr266210' mempunyai rata-rata perubahan nilai *authority* terbesar yaitu sebesar 0.01188 dan nilai *eigen* memiliki rata-rata perubahan nilai sebesar 1.9995. Penambahan jumlah *node in* berpengaruh lebih besar dibandingkan penambahan relasi di Tabel 6 terhadap nilai *centrality*. Dapat disimpulkan bahwa penambahan *node out* atau *node in* pada suatu *node* cukup mempengaruhi perubahan nilai *centrality* dengan penerapan PAI.

Validasi Hasil Perangkingan



Gambar 2. Kuesioner Kesesuaian hasil perangkingan

Pada tahap ini, kuesioner diberikan untuk 30 orang. Pada Gambar 2(a) sebanyak 77 persen responden setuju hasil perangkingan *hub* merupakan *user* yang memiliki keterkaitan dengan topik dan memiliki observasi yang luas. Pada Gambar 2(b) sebanyak 83 persen responden setuju hasil perangkingan *authority* merupakan *user* yang memiliki keterkaitan dan memiliki informasi mengenai topik. Kedua kuesioner mendapatkan hasil positif dari responden, ini membuktikan bahwa hasil perangkingan dapat diterapkan sebagai rekomendasi *user* di *twitter*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang didapat, pengaruh perubahan bobot menggunakan *Probabilistic Affinity Index* (PAI) terhadap hasil pengukuran *Hubs and Authorities Centrality* adalah perubahan nilai *centrality* dan perubahan urutan *user* tertinggi. Berdasarkan hasil pengukuran pada penelitian ini, perubahan jumlah *node* yang berelasi mempunyai rata-rata terbesar perubahan nilai *centrality* sebesar 0.01188. Sementara perubahan jumlah relasi mempunyai rata-rata terbesar perubahan nilai *centrality* sebesar 1.44087×10^{-9} . Dari hasil pengujian didapatkan faktor yang menentukan urutan sebuah *node* dalam pengujian *Hubs and Authorities Centrality* menggunakan PAI diurutkan dari yang paling terpenting adalah keadaan dari *node* yang berelasi, jumlah *node* yang berelasi dan jumlah relasi yang terjadi dari setiap *node*. Berdasarkan hasil kuesioner, hasil perangkingan *authority* dapat dijadikan rekomendasi *user* yang berperan atau mempunyai informasi mengenai topik tertentu dan hasil perangkingan *hub* dapat dijadikan rekomendasi *user* yang memiliki ketertarikan pada topik tertentu.

Daftar Pustaka

- [1] C. Anggarwal. *Social Network Data Analytics*. Springer Science Business Media, 2011.
- [2] Z. K. A. Baizal, Y. R. Murti, and Adiwijaya. Evaluating functional requirements-based compound critiquing on conversational recommender system. *2017 Fifth International Conference on Information and Communication Technology*, pages 256–268, 2017.
- [3] C. H. Ding, H. Zha, X. He, P. Husbands, and H. D. Simon. Link analysis: Hubs and authorities on the world wide web. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, pages 256–268, 2001.
- [4] F. Erwanda. *Analisis dan Implementasi Hubs and Authorities Centrality dalam Social Network Analysis*. Telkom University, 2014.
- [5] H. Kretschmer and T. Kretschmer. Application of a new centrality measure for social network analysis to bibliometric and webometric data. *2006 1st International Conference on Digital Information Management*, pages 199–204, 2007.
- [6] P. Kumar and K. Zhang. Social networks analysis of online marketplaces. *IEEE International Conference on e-Business Engineering*, pages 363–367, 2007.
- [7] A. Sulasikin. *Analisis Degree Centrality dalam Social Network Analysis menggunakan Probabilistic Affinity Index (PAI) pada graf berarah-berbobot*. Telkom University, 2012.
- [8] K.-S. Wong and M. H. Kim. Privacy-preserving similarity coefficients for binary data. *Computers and Mathematics with Applications*, pages 1280–1290, 2013.
- [9] L. Ya-ting and C. Jing-min. The social network analysis of political blogs in people based on centrality. *International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks*, pages 5441–5444, 2011.
- [10] Y. Yamashita and Y. Okubo. Patterns of scientific collaboration between japan and france: Inter-sectoral analysis using probabilistic partnership index (ppi). *ISSI 2005: Proceedings of The 10th International Conference of The International Society for Scientometrics and Informetrics, Vols 1 and 2*, pages 517–526, 2005.
- [11] X. Zhu. Link analysis on graph. *CS769 Spring 2010 Advanced Natural Language Processing*, pages 1–2, 2010.