

Analisis Penerapan Graf Acak dalam Memahami Struktur Sosial dan Perilaku Hewan

Hanif Kalyana Aditya and 13523041^{1,2}

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13523041@std.stei.itb.ac.id, ²hanifaditya2304@gmail.com

Abstract—Hewan adalah salah satu makhluk hidup yang paling sering berdampingan dengan manusia sejak zaman dahulu dan telah menjadi bagian dalam memajukan peradaban manusia. Meski demikian, keterlibatan hewan tersebut masih belum membuat manusia memahami mengenai struktur sosial dan perilaku hewan tertentu secara keseluruhan. Dari beberapa penelitian, digunakan penerapan teori mengenai graf yang telah dikembangkan untuk menjelaskan permasalahan tersebut. Salah satunya adalah dengan metode graf acak eksponensial (ERGM). Dengan metode tersebut, analisis dilakukan untuk membandingkan penggunaannya terhadap dua hewan yaitu hyrax batu dan manakin ekor panjang sebagai contoh. Hasil yang didapatkan adalah dalam perilaku sosial kedua hewan tersebut mencerminkan teori keseimbangan struktural yang sebelumnya hanya berlaku terhadap manusia dan contoh perilaku lainnya

Kata kunci—Graf, Perilaku Hewan, ERGM, Keseimbangan Struktural.

I. PENDAHULUAN

Dalam taksonomi kingdom, hewan berada pada puncak tertinggi yang mendeskripsikan hewan sebagai makhluk paling sempurna dari segi morfologi di atas kingdom plantae, fungi, protista, dan ... atau makhluk uniseluler. Terlepas dari perdebatan apakah manusia termasuk dalam kingdom tersebut atau tidak, secara fisik manusia dan hewan memiliki banyak sekali kemiripan, terlebih lagi pada hewan primata seperti simpanse, orangutan, dan lainnya. Di sisi lain menurut beberapa orang, kemiripan tersebut tidak membuat manusia diperhitungkan sebagai bagian dari kingdom animalia karena manusia bisa menggunakan akalanya dengan sempurna sedangkan hewan tidak.

Pendapat yang sebelumnya tidak sepenuhnya salah mengingat fakta bahwa manusia adalah puncak rantai makanan di bumi. Meski demikian, di zaman modern ini telah berkembang berbagai ilmu pengetahuan yang mendukung manusia untuk memahami hewan khususnya pada struktur sosial dan perilakunya. Teori yang kerap digunakan dalam penelitian mengenai perilaku hewan adalah teori graf.

Graf secara umum digunakan untuk merepresentasikan hubungan antarindividu pada suatu kelompok hewan dalam sekumpulan simpul dan sisi. Awal penggunaan

graf untuk menjawab persoalan struktur sosial dan perilaku dijelaskan oleh Heider (1946) serta Cartwright dan Harary (1956). Dikemukakan bahwa graf digunakan untuk menjelaskan salah satu teori paling berpengaruh mengenai struktur sosial yaitu teori keseimbangan struktural.

Graf yang digunakan adalah graf sederhana yang terdiri dari tiga buah simpul dan tiga buah sisi atau disebut sebagai triad. Setiap simpul merepresentasikan masing-masing individu sedangkan setiap sisinya memiliki tanda negatif atau positif yang merepresentasikan apakah antarindividu berteman atau tidak. Dari graf tersebut, akan didapat empat contoh graf yang terdiri dari dua graf seimbang sedangkan sisanya sebaliknya. Teori ini mengungkapkan bahwa manusia cenderung akan membentuk triad yang seimbang seiring berjalannya waktu. Maka pada makalah ini akan dianalisis keterkaitan teori tersebut terhadap hewan

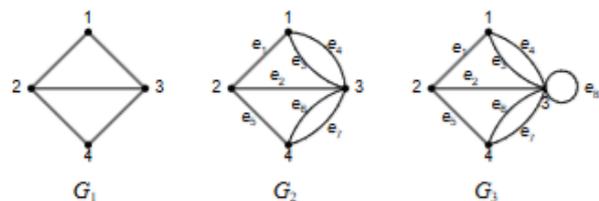
II. STUDI LITERATUR

A. Definisi dan Jenis-jenis Graf

Graf adalah sebuah representasi objek-objek diskrit yang digunakan untuk menentukan hubungan antara objek-objek tersebut. Komponen yang ada pada graf terdiri dari simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) sehingga di dapat ditulis sebagai $G = (V, E)$.

V = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul $\{ v_1, v_2, v_3, \dots, v_n \}$

E = himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul $\{ e_1, e_2, e_3, \dots, e_n \}$

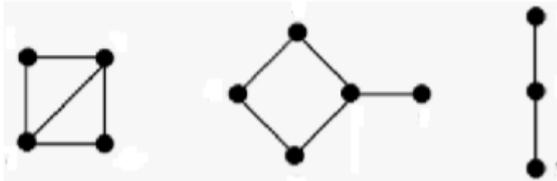


Gambar 2.1 Contoh graf

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Berdasarkan ada tidaknya sisi gelang dan sisi ganda, graf dapat dibedakan sebagai berikut :

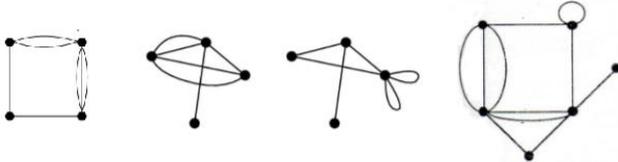
1. Graf sederhana (*simple graph*),
Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang ataupun sisi ganda.



Gambar 2.2 Graf sederhana

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

2. Graf tidak sederhana (*unsimple graph*)
Graf yang mengandung sisi gelang dan sisi ganda



Gambar 2.3 Graf tidak sederhana

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Dari graf bentuk tidak sederhana tersebut dapat dibedakan lagi menjadi dua yaitu:

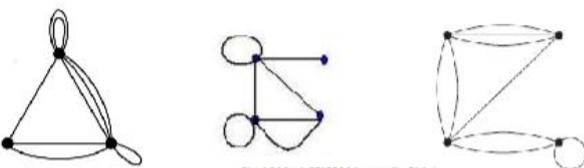
- a) Graf ganda (*multi-graph*)
Graf yang mengandung sisi ganda



Gambar 2.4 Graf ganda

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

- b) Graf semu (*pseudo-graph*)
Graf yang mengandung sisi gelang



Gambar 2.5 Graf semu

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Berdasarkan orientasi arah pada sisinya, graf dapat dibedakan sebagai berikut :

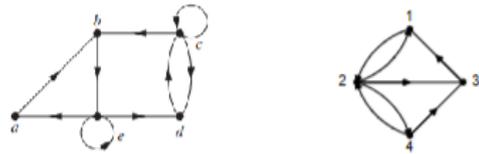
1. Graf tidak berarah
Graf yang tidak mempunyai orientasi arah



Gambar 2.6 Graf tidak berarah

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

2. Graf berarah
Graf yang setiap sisinya mempunyai orientasi arah



Gambar 2.7 Graf berarah

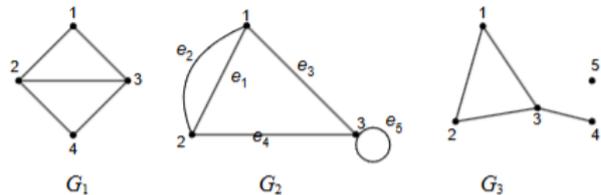
Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

B. Terminologi Graf

Graf selain memiliki beberapa jenis juga memiliki beberapa terminologi. Terminologi ini menjelaskan mengenai sifat tertentu yang ada dalam sebuah graf. Terminologi tersebut antara lain :

1. Ketetanggaan (*adjacent*)

Sebuah graf memiliki salah satu terminologi yaitu ketetanggaan. Terminologi ini menjelaskan bahwa ketika dua buah simpul terhubung langsung satu sama lain disebut dua simpul yang bertetangga. Pada contoh, simpul 4 bertetangga dengan simpul 2 dan 3 tetapi tidak bertetangga dengan simpul 1.

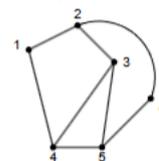


Gambar 2.8 Contoh model ketetanggaan graf

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

2. Bersisian (*incidency*)

Bersisian adalah kondisi di saat suatu sisi menghubungkan simpul yang disinggung dengan simpul lainnya. Bentuk tersebut dinyatakan dengan $e = (v_j, v_k)$ dengan kondisi e bersisian dengan simpul v_j atau simpul v_k . Pada contoh, sisi (2, 3) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, tetapi sisi (1, 2) tidak bersisian dengan simpul 5.

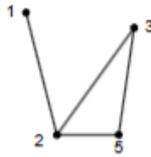


Gambar 2.8 Contoh model bersisian graf

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

3. Derajat (*degree*)

Derajat dalam graf adalah jumlah sisi yang bersisian dengan suatu simpul. Derajat dari suatu simpul memiliki notasi $d(v)$.



Gambar 2.9 Contoh model derajat graf

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

- $d(1) = 1$
- $d(2) = 3$
- $d(3) = 2$
- $d(5) = 2$

C. Triad dan Teori keseimbangan struktural

Dalam memahami suatu struktur sosial dalam hal ini manusia, telah digunakan suatu penerapan graf. Penerapan graf ini lalu menjadi dasar untuk teori keseimbangan struktural yang dikemukakan oleh (Heider (1946). Pada dasarnya, teori ini menjelaskan bahwa suatu individu akan cenderung mempertahankan hubungan sosial yang seimbang di dalam komunitas mereka. Apabila terdapat ketidakseimbangan, dengan sendirinya individu akan menyesuaikan hubungan atau sentimen kepada individu lain agar terjadi keseimbangan.

Dari teori keseimbangan struktural tersebut, dapat dijelaskan beberapa jenis hubungan antarindividu sebagai berikut :

1. Hubungan positif

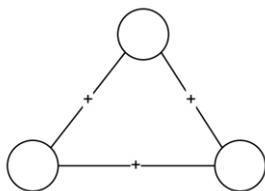
Hubungan ini mendeskripsikan bahwa dari semua individu pada suatu komunitas memiliki sentimen positif satu sama lain. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 2.10

2. Hubungan negatif

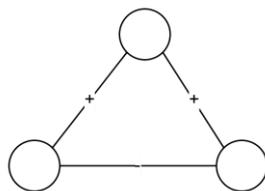
Dalam hubungan ini, terdapat suatu konflik yang disebabkan oleh perbedaan sentimen antarindividu. Contohnya, jika terdapat suatu kelompok beranggotakan tiga orang, orang pertama tidak menyukai orang kedua dan orang kedua tidak menyukai orang ketiga. Maka, orang pertama harus menyukai orang ketiga untuk membuat hubungan menjadi seimbang.

3. Hubungan campuran

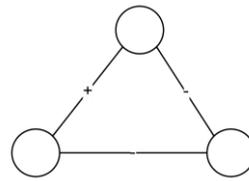
Dalam hubungan ini, terdapat potensi terjadinya ketegangan dalam kelompok yang secara alamiah akan mengembalikan hubungan menjadi seimbang.



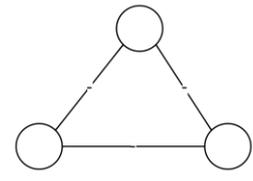
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.10 Empat jenis triad

Teori keseimbangan tersebut lalu diperjelas dengan penerapan graf bertanda yang terdiri dari tiga simpul atau triad oleh Cartwright dan Harary (1956). Pada Gambar ... terdapat empat triad yang terdiri dari dua triad positif yaitu triad (a) dan (c) serta dua triad negatif yaitu (b) dan (d). Triad (a) yang dikategorikan sebagai triad positif atau seimbang berkorespondensi dengan jenis hubungan antarindividu pertama yang dijelaskan sebelumnya sedangkan triad (c) berkorespondensi dengan hubungan yang kedua. Sementara itu, triad (d) masuk ke dalam golongan ketiga yang hubungannya seimbang meskipun lemah. Terakhir, triad (b) tidak seimbang karena C berteman dengan A yang seharusnya juga akan berteman dengan B. Hal ini berkontradiksi dengan empat aturan dari teori keseimbangan struktural antara lain :

1. Seorang teman dari seorang teman adalah seorang teman,
2. Teman dari musuh adalah musuh,
3. Musuh dari seorang teman adalah musuh,
4. Musuh dari musuh adalah teman.

D. Exponential Random Graph Model

Dalam memahami jaringan atau struktur sosial khususnya hubungan antara pelaku, terdapat salah satu metode yang sering digunakan yaitu *exponential random graph* (ERGM). Model ini dapat memperkirakan probabilitas mengenai pasangan *node* akan mempunyai ikatan di antara keduanya dan model ini didasari oleh perbandingan jaringan yang diamati [6]. Selain itu, terdapat beberapa asumsi teoritis yang mendasar mengenai jaringan sosial dalam penggunaan ERGM [5]. Asumsi tersebut antara lain :

1. Jaringan sosial terstruktur dan muncul secara lokal,
2. Ikatan jaringan terbentuk secara mandiri dan dipengaruhi oleh beberapa faktor,
3. Pola dalam jaringan dapat dianggap sebagai bukti terjadinya proses struktural,
4. Beberapa proses dapat beroperasi secara bersamaan

III. PENERAPAN GRAF

A. Penerapan Graf Dalam Mengamati Perilaku Sosial Hyrax Batu

Teori keseimbangan pada awalnya digunakan terhadap manusia sebagai objeknya. Seiring waktu, teori ini dan konsep dari triad diaplikasikan terhadap hewan untuk membuktikan kesamaan yang dimiliki hewan dan manusia. Salah satu implementasinya dilakukan terhadap

struktur dan jaringan sosial hyrax batu atau kelinci batu (*Procapra capensis*), mamalia darat yang ada di Afrika dan timur tengah (Ilany, Barocas, Koren, Kam, and Geffen 2013).

Pengujian dan pengamatan yang dilakukan berlangsung selama delapan tahun untuk mengetahui hubungan antara teori keseimbangan struktural pada hewan liar seperti hyrax batu. Pengujian ini memperhitungkan dyad yaitu suatu lingkup kelompok yang meliputi dua individu sebagai kelompok sosial terkecil dan juga distribusi derajat dari sebuah jaringan [4]. Hipotesis dari pengujian ini adalah selain keseimbangan struktural terdapat pada kehidupan hyrax, apakah sex ratio memengaruhi kehidupan sosial hyrax.

Pada pengujian ini, diamati interaksi sosial yang terdapat dalam suatu grup ataupun antar grup. Dalam mengkategorisasikan perilaku dan interaksi hyrax, kegiatan seperti berpelukan, tidur bersama, atau sedang bergerak bersama ke suatu tempat diidentifikasi sebagai interaksi positif. Sementara itu, kegiatan negatif adalah kegiatan seperti pengucilan, memperlihatkan gigi (secara agresif) mengejar dan menggigit terhadap hyrax lain. Jika dua individu setidaknya melakukan interaksi positif sebanyak satu kali, nilai interaksi mereka bertambah satu (+1) atau nol jika tidak. Hal inilah yang nanti dijadikan dasar penentuan teman dan bukan teman antarindividu.

Kemudian, data jaringan yang telah didapat digunakan untuk membandingkan kemunculan keempat triad (+++, ++-, +-+, ---) dengan probabilitasnya. Untuk menganalisis struktur jaringannya digunakan model statistik *exponential random graph* (ERGM) yang mirip dengan regresi logistik berganda dan menitikberatkan fokus pada triad (++-) dan (+++). Kedua triad inilah yang nantinya diamati apakah triad (++-) yang tidak seimbang berubah menjadi triad (+++) yang seimbang di tahun selanjutnya atau justru sebaliknya.

Jaringan	N_{++-}	f_{++-}	P_{++-}
Tahun ke-1	72	0.44	0
Tahun ke-2	55	0.18	0.0290
Tahun ke-3	64	0.29	0.0003
Tahun ke-4	123	0.25	0
Tahun ke-5	209	0.20	0.0250
Tahun ke-6	271	0.16	0
Tahun ke-5*	25	0.04	0.0003
Tahun ke-6*	135	0.17	0

Tabel 1. Tabel perbandingan kemunculan triad (++-) setiap tahun (*tahun yang sama tetapi berbeda lokasi pengamatan)

Pada tabel tersebut, N_{++-} jumlah triad setiap jaringan, f_{++-} merepresentasikan ekspektasi frekuensi ketika jumlah sisi/hubungan positif dan negatif sama, dan P_{++-} merepresentasikan probabilitas frekuensi di tahun mendatang.

Hasil yang didapat pada pengujian ini adalah triad seimbang (+++) dan (++-) muncul lebih sering dari perkiraan sebelumnya di 10 dari 11 jaringan serta berbanding terbalik dengan triad (++-) yang muncul lebih jarang dari perkiraan di 10 dari 11 jaringan. Selain itu,

kemunculan triad tidak seimbang (---) juga muncul lebih jarang dari perkiraan di 8 jaringan. Khusus untuk triad (++-), perkembangan triad ini cukup menarik karena setiap tahunnya mengalami peningkatan dari segi jumlah seperti yang terlihat pada Tabel 1. Hal ini semakin menegaskan bahwa teori keseimbangan juga berlaku bagi makhluk hidup lain selain manusia setidaknya untuk hyrax yang termasuk mamalia.

B. Penerapan Graf Dalam Mengamati Perilaku Sosial Manakin Ekor Panjang

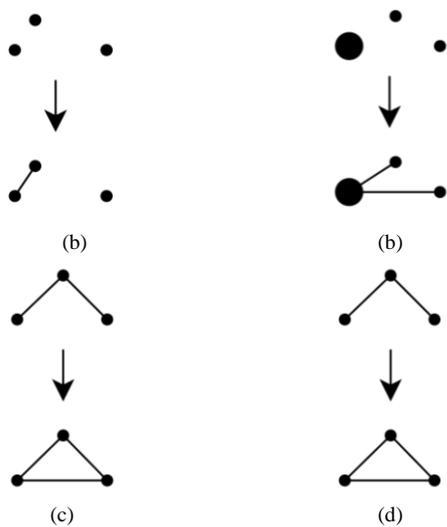
Pada kehidupan sosial mamalia dalam hal ini hyrax batu berlaku teori keseimbangan struktural yang telah dibuktikan dengan bantuan triad. Penerapan triad dalam memahami perilaku hewan juga dilakukan pada aves yaitu burung manakin ekor panjang (*Chiroxiphia linearis*). Burung yang berasal dari hutan tropis hingga subtropis Amerika Tengah ini memiliki perilaku yang cukup unik terutama pada saat masa berkembang biak. Pada masa tersebut, sekelompok manakin jantan akan bekerja sama dan berkumpul di satu area lalu melakukan ritual untuk menarik perhatian betina dengan memperlihatkan kemolekan tubuh mereka yang disebut dengan *lek* [5].

Pengamatan ini memiliki tujuan untuk mengetahui perilaku sosial antarindividu manakin jantan dalam melakukan ritual tersebut. Pada umumnya, sekelompok manakin jantan melakukan *lek* dalam jumlah sekitar belasan individu yang memiliki umur bervariasi. meski demikian, terdapat sedikit spesies manakin yang melakukan ritual ini sendirian atau berdua dengan manakin jantan lainnya. Dalam ritual ini, terdapat kasta yang membedakan individu lainnya berdasarkan umur dan dua individu kasta teratas memiliki istilah masing-masing yaitu alpha dan beta. Dua individu inilah yang memiliki kesempatan paling besar untuk mendapatkan betina. Sementara itu, manakin jantan lainnya bekerja sama agar hal tersebut terjadi. Hampir serupa dengan konsep antrian yang terus maju, jika manakin alpha mati, secara otomatis individu lain yang berada di kasta bawahnya akan naik kasta dan siklus akan berulang.

Dalam melakukan ritual ini, manakin jantan tidak memilih kelompok secara acak. Ada beberapa hipotesis dari alasan pemilihan kelompok ini sebagai berikut :

- Kedekatan spasial : kedekatan tempat/kelompok lek; direpresentasikan dengan ERGM.
- Status sosial : kecenderungan bagi manakin alfa dan beta untuk bekerja sama; direpresentasikan oleh klasifikasi berdasarkan umur manakin.
- Triad *closure* : kecenderungan manakin untuk bekerja sama dengan ‘teman dari temannya’ seperti hubungan positif pada teori keseimbangan struktural;
- persistensi hubungan : hubungan yang sudah ada cenderung bertahan lama;
- seleksi campuran : hubungan yang didasari oleh kesamaan atau perbedaan; dan
- keterikatan berdasarkan preferensial : individu yang memiliki banyak hubungan mendapatkan hubungan tambahan.

Untuk menentukan faktor mana yang berpengaruh dari keenam hipotesis tersebut, digunakan model statistik *exponential random graph* (ERGM) yang diterapkan pada tujuh jaringan dan membandingkannya setiap tahun. Penggunaan model ini untuk menentukan probabilitas hubungan sosial antarindividu dan juga membuktikan faktor pertama dengan graph sebagai representasi spasial. Untuk mengkategorisasikan perilaku, manakin dianggap memiliki hubungan jika bekerja sama dalam setidaknya satu ritual lek. Dalam bentuk probabilitas, hasil yang didapat adalah faktor kedekatan spasial, status sosial, dan triad *closure* berpengaruh dalam seluruh jaringan. Selain itu, faktor persistensi hubungan juga berpengaruh pada tiga dari tujuh jaringan. Sementara itu, seleksi campuran dan keterikatan preferensial tidak berpengaruh pada jaringan manapun.



Gambar 3.1 Empat hipotesis yang memengaruhi manakin jantan dalam memilih teman untuk bekerja sama

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa dalam melakukan kerja sama dalam ritual *lek*, manakin jantan mempertimbangkan setidaknya empat faktor. berdasarkan faktor pertama, manakin jantan akan cenderung bekerja sama dengan manakin jantan lainnya yang dekat secara jarak (Gambar 3.1 (a)). Faktor yang kedua juga menjelaskan bahwa manakin jantan akan cenderung bekerja sama dengan manakin jantan lainnya yang memiliki status sosial yang lebih tinggi (Gambar 3.1 (b)). Selain itu, faktor ketiga berkorelasi dengan hubungan positif pada teori keseimbangan struktural yaitu seekor manakin jantan A bekerja sama dengan manakin jantan B, dan manakin jantan B bekerja sama dengan manakin jantan C, maka manakin jantan A akan cenderung bekerja sama juga dengan manakin jantan C (Gambar 3.1 (c)). Terakhir, faktor keempat menjelaskan bahwa ketika manakin jantan sudah pernah melakukan ritual *lek* bersama, keduanya akan mempertahankan hubungan dengan kembali bekerja sama dalam ritual *lek* selanjutnya (Gambar 3.1 (d)).

IV. PEMBAHASAN

Dari kedua penerapan graf tersebut, baik pada hyrax

batu maupun manakin ekor panjang, digunakan suatu model statistik yang sama yaitu *exponential random graph* (ERG). Kedua penggunaan model ini juga memiliki perbedaan masing-masing. Hal ini dijelaskan dalam Tabel 2 berikut :

	ERGM terhadap perilaku hyrax	ERGM terhadap perilaku manakin jantan
Tujuan	Untuk membuktikan keterkaitan teori keseimbangan struktural dengan perilaku hyrax	Untuk membuktikan faktor/hipotesis manakah yang memengaruhi manakin jantan dalam memilih teman (ketika ritual <i>lek</i>)
Objek yang dibandingkan	Kemunculan keempat triad menjadi objek yang dibandingkan dan probabilitasnya	Probabilitas dari korelasi antara setiap hipotesis dengan kerja sama antarindividu
Keterkaitan dengan teori keseimbangan struktural	Hyrax cenderung membentuk hubungan positif dengan jumlah triad (+++) dan (++-) berjalannya waktu	Manakin cenderung memilih bekerja sama dengan 'teman dari temannya' (triad (+++))

Tabel 2. Tabel perbandingan penggunaan ERGM terhadap hyrax dan manakin

Dengan tabel tersebut, didapat fakta bahwa penggunaan ERGM dapat diimplementasikan untuk mendapatkan tujuan yang berbeda dan dengan objek yang berbeda pula. Selain memiliki perbedaan, dapat dianalisis bahwa kedua penerapan ini memiliki kesamaan yaitu terdapatnya keterkaitan antara perilaku teori keseimbangan struktural dengan perilaku masing-masing hewan. Hal ini cukup menarik sebab mengetahui keterkaitan tersebut bukanlah tujuan utama pada pengamatan terhadap manakin jantan.

V. KESIMPULAN

Diperlukan metode yang tepat dan waktu yang tidak sedikit untuk mengamati perilaku dan struktur sosial pada hewan. Hal ini diperlihatkan dengan penggunaan *exponential random graph model* (ERGM) untuk mengetahui perilaku sosial hyrax batu dalam kehidupan sehari-harinya dan perilaku sosial manakin jantan ketika bekerja sama melakukan ritual *lek*. Dari pengamatan terhadap hyrax, dapat diketahui bahwa teori keseimbangan struktural tidak hanya berlaku bagi manusia melainkan juga bagi hewan. Selanjutnya, berlakunya teori keseimbangan struktural pada hewan

ternyata juga dibuktikan dengan pengamatan terhadap manakin jantan yang cenderung membentuk hubungan positif dalam suatu jaringan sosial walaupun hal tersebut bukanlah tujuan utama dari pengamatan.

Sementara itu, dari pengamatan terhadap manakin jantan, diketahui bahwa burung tersebut tidak sembarangan memilih burung lainnya dalam bekerja sama melakukan ritual *lek*, tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Semua hal tersebut membuktikan bahwa dinamika sosial yang terjadi pada manusia juga dapat ditemukan pada makhluk hidup lain yaitu hewan.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatnya, Makalah berjudul “Analisis Penerapan Graf Acak dalam Memahami Struktur Sosial dan Perilaku Hewan” dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. selaku pengampu mata kuliah IF 2120 Matematika Diskrit yang senantiasa membimbing dan mendidik dalam selama satu semester ini. Terakhir, penulis juga meminta maaf jika makalah yang ada masih terdapat kesalahan dan belum sempurna.

REFERENCES

- [1] R. Munir. Graf (Bagian 1): “Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit.” Bandung, Indonesia, 2025. Diakses pada 1 Januari 2025.
- [2] Rawlings, Craig M.; Friedkin, Noah E. (2017-09-01). “Teori Keseimbangan Sstruktural Jaringan Sentimen : Elaborasi dan Pengujian”. *Jurnal Sosiologi Amerika* . 123 (2): 510– 548.
- [3] Ilany, A., Barocas, A., Koren, L., Kam, M., & Geffen, E. (2013). Structural balance in the social networks of a wild mammal. *Animal Behaviour*, 85.
- [4] Macionis, John J., dan Linda Marie Gerber. *Sosiologi*. Edisi ke-7. Toronto: Pearson Prentice Hall, 2011. 153-54. Cetak.
- [5] Fiske, P.; Rintamaki, P. T.; Karvonen, E. (1998). “Mating success in lekking males: a meta-analysis”. *Behavioral Ecology*. 9 (4): 328–338.
- [6] Social Network Analysis for Anthropologists. Tersedia pada : <https://eehh-stanford.github.io/SNA-workshop/ergm-intro.html#what-is-an-ergm>. Diakses pada 6 Januari 2025
- [7] Lusher, D., Koskinen, J., Robins, G., Lusher, D., Koskinen, J., & Robins, G. (2013). Exponential random graph models for social networks. *Structural analysis in the social sciences*. New York, NY: Cambridge University Press.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 8 Januari 2025



Hanif Kalyana Aditya - 13523041