

ANALISIS PERFORMA DAN LANSKAP *LOSS* MODEL *GRAPH NEURAL NETWORK* PADA HASIL KONSTRUKSI GRAF AKTIVITAS MAHASISWA

GHIFFARI KENANG SAGRAHA



PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Performa dan Lanskap *Loss Model Graph Neural Network* pada Hasil Konstruksi Graf Aktivitas Mahasiswa” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Ghiffari Kenang Sagraha
G5401221008

ABSTRAK

GHIFFARI KENANG SAGRAHA. Analisis Performa dan Lanskap *Loss* Model *Graph Neural Network* pada Konstruksi Graf Aktivitas Mahasiswa. Dibimbing oleh ELIS KHATIZAH dan MOHAMAD KHOIRUN NAJIB.

Penelitian ini melakukan penerapan *Graph Neural Network* (GNN) untuk konstruksi data dan evaluasi model rekomendasi dalam konteks pendidikan. Kami mengusulkan pendekatan dengan membangun graf aktivitas dari data teks tidak terstruktur menjadi graf berbasis informasi semantik, interaksi, dan hibrida. Tiga arsitektur *Graph Neural Network* (GNN), yaitu GCN, *GraphSAGE*, dan GAT, dievaluasi dengan objektif rekomendasi aktivitas selanjutnya pada seorang mahasiswa, dengan variasi jenis graf dan fungsi *loss* *InfoNCE*, *Bayesian Personalized Ranking* (BPR), serta hibrida. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa GCN dengan graf hibrida dan fungsi *loss* BPR menghasilkan performa relatif lebih baik dibanding kedua arsitektur GNN lainnya dengan NDCG@10 sebesar 0,1348. Selain itu, studi ablasi dan hasil penyetelan ini menyarankan bahwa konfigurasi *hyperparameter* GCN yang sederhana tapi cukup dalam memberikan hasil yang relatif lebih baik. Analisis lanskap fungsi *loss* melalui visualisasi normalisasi *filter* dan estimasi nilai eigen *Hessian* menunjukkan bahwa model dengan konfigurasi fungsi *loss* BPR lebih cenderung konvergen ke *minima* yang cenderung lebih datar.

Kata kunci: graf, graf semantik, *graph neural network*, sistem rekomendasi

ABSTRACT

GHIFFARI KENANG SAGRAHA. Performance and *Loss* Landscape Analysis of Graph Neural Network Model on The Result of Constructed Student Activity Graph. Supervised by ELIS KHATIZAH and MOHAMAD KHOIRUN NAJIB.

This research implements the application of Graph Neural Network (GNN) for constructing data and evaluating recommendation model in educational contexts. We propose an approach to build activity graphs from unstructured text data using graph data based on semantic information, user history interactions, and hybrid approach. Three GNN architectures, namely GCN, *GraphSAGE*, and GAT, are evaluated on the next-activity recommendation objective for individual students, across variations of graph type and *loss* functions *InfoNCE*, Bayesian Personalized Ranking (BPR), and hybrid. Evaluation results show that GCN with a hybrid graph and BPR *loss* achieves relatively better performance on the recommendation task with an NDCG@10 of 0.1348. Moreover, the ablation and tuning results suggest that a simple yet sufficiently deep GCN hyperparameter configuration yields better performance. *Loss* landscape analysis through filter normalization visualization and *Hessian* eigenvalue estimation indicatively reveals that model with BPR loss tend to converge to flatter *minima*, correlating with better generalization.

Keywords: graph, semantic graph, graph neural network, recommendation system



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS PERFORMA DAN LANSKAP *LOSS* MODEL *GRAPH* *NEURAL NETWORK* PADA HASIL KONSTRUKSI GRAF AKTIVITAS MAHASISWA

GHIFFARI KENANG SAGRAHA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Analisis Performa dan Lanskap *Loss Model Graph Neural Network* pada Hasil Konstruksi Graf Aktivitas Mahasiswa
Nama : Ghiffari Kenang Sagraha
NIM : G5401221008

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Elis Khatizah, S.Si. M.Si. Ph.D.

Pembimbing 2:
Mohamad Khoirun Najib, S.Si. M.Mat.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si. M.Fin.Math.
NIP. 197902272005011001

Tanggal Ujian:
22 Juni 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah matematika komputasi, dengan Judul “Analisis Performa dan Lanskap *Loss Model Graph Neural Network* pada Hasil Konstruksi Graf Aktivitas Mahasiswa”.

Karya ilmiah ini tidak akan selesai tanpa segala bantuan dan pendampingan baik secara moral maupun material dari banyak pihak yang diberikan terhadap penulis. Berkat dukungan dan pendampingan tersebut, penulis mampu menyelesaikan karya ilmiah ini secara tepat waktu. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Fadjar Triyanto dan Ibu Sri Budiarti selaku orang tua penulis, dan juga Rakan Fadhil selaku kakak penulis, serta keluarga besar yang telah memberi banyak dukungan dan doa.
2. Ibu Elis Khatizah, S.Si. M.Si. Ph.D. dan Bapak Mohamad Khoirun Najib, S.Si. M.Mat. yang telah berkontribusi dan membimbing penulisan skripsi ini. Terima kasih juga saya ucapkan ke Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc yang telah bersedia menjadi penguji skripsi ini.
3. Direktorat Kemahasiswaan dan kolega penulis yang pernah berjuang dan bekerja di Direktorat Kemahasiswaan. Beberapa di antaranya, Bapak R.A. Abdul Qodir Soetadikaria, S.Sos., M.M.; Ibu Andita Ramadhanti, S.E., M.MT.; Bapak Stendy Nur Taufiq; dan Khadijah Nur Asy Syifa Fadilah. Mereka merupakan akses awal penulis dalam mendapatkan data yang sangat berharga pada penelitian ini.
4. Teman satu bimbingan, Zaidan, Alinka, Abel, dan Dewi. Terima kasih karena telah berjuang bersama saya. Saya berharap kita semua lulus tepat waktu dan berdampak bagi orang-orang sekitar.
5. Teruntuk Athiq Nazhifah yang senantiasa mendampingi dan memberikan semangat bagi penulis di kala waktu senang maupun susah.

Tak lupa, penulis juga mengucapkan rasa terima kasih kepada teman-teman program studi matematika IPB angkatan 59 yang telah menerima saya dengan baik dan hangat pada angkatan. Penulis berharap bahwa kita semua dapat menjadi orang yang bermanfaat bagi orang-orang sekitar kita.

Bogor, Juli 2026

Ghiffari Kenang Sagraha



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

I	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Tujuan	2
II	TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1	<i>Data Mining</i> dan Sistem Rekomendasi	3
2.2	Jaringan Saraf Tiruan	4
2.3	<i>Natural Language Processing</i>	5
2.4	Jaringan Saraf Rekuren	6
2.5	Mekanisme Atensi	7
2.6	Resolusi Entitas	9
2.7	Teori Graf	10
2.8	Sains Data Berbasis Graf	11
2.9	<i>Graph Neural Network</i>	12
2.10	Arsitektur <i>Graph Neural Network</i>	13
2.11	Pengkodean Urutan	15
2.12	Fungsi <i>Loss</i>	16
2.13	Analisis Matematis Fungsi <i>Loss</i>	17
2.14	Metrik Evaluasi	17
III	METODE	19
3.1	Sumber dan Jenis Data	19
3.2	Tahapan Penelitian	19
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1	Pra-pemrosesan Data	24
4.2	Konstruksi Graf	27
4.3	Eksplorasi Data	31
4.4	Evaluasi Model GNN	36
V	SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Simpulan	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	51
	RIWAYAT HIDUP	57



DAFTAR TABEL

1	Variasi dan nilai konfigurasi eksperimen	23
2	Detail tahapan filtrasi pada pra-pemrosesan data	24
3	Masalah dan contoh atribut <i>hard skills</i>	27
4	Statistik deskriptif graf terkonstruksi	31
5	Peringkat 10 teratas aktivitas berdasarkan interaksi terbanyak	33
6	Detail dan tematik hasil klasterisasi aktivitas	35
7	Konfigurasi utama pelatihan model GNN	36
8	Evaluasi variasi asitektur GNN dan graf masukan	37
9	Hasil eksperimen studi ablasi	39
10	Hasil eksperimen penyetelan <i>hyperparameter</i>	40
11	Hasil analisis lanskap <i>loss</i>	43

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi <i>embedding</i> pada NLP	6
2	Arsitektur blok <i>encoder</i> pada <i>transformer</i> (dimodifikasi dari Mazzia <i>et al.</i> (2022) <i>Pattern Recognition</i> . 124(1):108487)	8
3	Ilustrasi resolusi entitas	10
4	Ilustrasi <i>message passing</i> (dimodifikasi dari Hamilton <i>et al.</i> (2017))	12
5	Perbandingan mekanisme konvolusi pada GCN dan CNN (dimodifikasi dari Wu <i>et al.</i> (2021) <i>IEEE Trans Neural Netw Learn Syst.</i> 32(1):4–24)	13
6	Diagram alir proses penelitian	20
7	Alur resolusi entitas	25
8	Ilustrasi reduksi aktivitas pada proses resolusi entitas	26
9	Ilustrasi subgraf semantik (n=4)	28
10	Ilustrasi subgraf bipartit mahasiswa-aktivitas (a) dan subgraf bipartit proyeksinya (b) dengan 4 contoh aktivitas	29
11	Subgraf hibrida (n=4)	30
12	Jumlah keterlibatan mahasiswa per semester	32
13	<i>Hard skills</i> 20 Teratas	33
14	Hasil klaster aktivitas menggunakan algoritma Louvain	34
15	Visualisasi lanskap <i>loss</i> model GCN dengan fungsi <i>loss</i> BPR dan graf hibrida sebagai graf masukan	42

DAFTAR LAMPIRAN

1	<i>Code repository</i>	51
2	Visualisasi tambahan lanskap <i>loss</i>	51