SIFAT-SIFAT DETERMINAN MATRIKS *FUZZY*

YUNDA KHUSNUL KHOTIMAH
H1011221052

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

SIFAT-SIFAT DETERMINAN MATRIKS *FUZZY*

YUNDA KHUSNUL KHOTIMAH
H1011221052

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

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sifat-Sifat Determinan Matriks *Fuzzy*
Nama Mahasiswa	: Yunda Khusnul Khotimah
NIM	: H1011221012
Jurusan/Program Studi	: Matematika/Matematika
Tanggal Lulus	: 15 Juni 2026
SK Pembimbing	: No. 3560/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 9 Oktober 2025
SK Penguji	: No. 3054/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 11 Juni 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Nilamsari Kusumastuti, S.Si.,M.Sc.	Fransiskus Fran, M.Si.
NIP 198105102005012003	NIP 198804152019031014

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Bayu Prihandono, S.Si.,M.Sc.	Asri Rahmawati, M.Mat.
NIP 197911152005011003	NIP 199509062024062001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Nilamsari Kusumastuti, S.Si.,M.Sc.	Fransiskus Fran, M.Si.
NIP 198105102005012003	NIP 198804152019031014

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Yunda Khunsul Khotimah
NIM	: H1011221052
Program Studi/ Jurusan	: Matematika/Matematika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 20 Februari 2025



Yunda Khunusl Khotimah

NIM H1011221012

Sifat-Sifat Determinan Matriks *Fuzzy*

Abstrak

Determinan merupakan konsep fundamental dalam teori matriks klasik, namun konstruksinya tidak dapat secara langsung diterapkan pada matriks *fuzzy* karena beroperasi dalam struktur semiring. Penelitian ini membahas sifat-sifat determinan matriks *fuzzy* atas struktur semiring $([0,1], \max, \min)$. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji struktur aljabar himpunan matriks *fuzzy*, mendeskripsikan definisi determinan matriks *fuzzy* secara formal, menganalisis keberlakuan sifat-sifat determinan matriks klasik dalam konteks *fuzzy*, serta membuktikan sifat-sifat determinan matriks *fuzzy* berdasarkan operasi maksimum dan minimum. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan analisis teoritis dan deduktif, dimulai dari pembentukan struktur semiring, pendefinisian matriks *fuzzy* persegi, pendefinisian himpunan matriks *fuzzy* persegi, pengkajian aksioma semiring pada himpunan matriks *fuzzy* persegi, hingga perumusan determinan *fuzzy* berbasis permutasi dengan operasi maksimum sebagai analog penjumlahan dan minimum sebagai analog perkalian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa himpunan matriks *fuzzy* persegi berordo $n \times n$ membentuk semiring idempoten terhadap operasi penjumlahan dan perkalian *fuzzy*. Selain itu, determinan matriks *fuzzy* didefinisikan sebagai nilai maksimum dari hasil minimum elemen-elemen yang dipilih berdasarkan seluruh permutasi indeks tanpa melibatkan tanda permutasi. Beberapa sifat determinan klasik tetap berlaku, seperti sifat baris atau kolom nol, sifat matriks segitiga, dan determinan suatu matriks sama dengan determinan transposnya. Sifat perkalian skalar juga tetap berlaku, namun mengalami penyesuaian bentuk karena dalam semiring tersebut berlaku $k^n = k$, sehingga diperoleh $\det(k\tilde{P}) = k \det(\tilde{P})$. Namun, terdapat beberapa sifat yang tidak lagi berlaku, seperti sifat perkalian determinan pada hasil kali dua matriks yang tidak selalu berlaku dalam konteks matriks *fuzzy* dan perubahan tanda determinan akibat pertukaran dua baris atau dua kolom. Penelitian ini menyajikan analisis terstruktur mengenai sifat-sifat determinan matriks *fuzzy* serta perbedaannya dengan determinan matriks klasik.

Kata kunci: determinan matriks *fuzzy*, matriks *fuzzy*, semiring, sifat determinan

Properties of Fuzzy Matrix Determinants

Abstract

The determinant is a fundamental concept in classical matrix theory, however, its construction cannot be directly applied to fuzzy matrices because they operate within a semiring structure. This study, examines the properties of the determinant of a fuzzy matrix over the semiring structure $([0,1], \max, \min)$. The objectives of this study are to examine the algebraic structure of the set of fuzzy matrices, formally describe the definition of the determinant of a fuzzy matrix, analyze the validity of the properties of classical matrix determinants in a fuzzy contect, and prove the properties of fuzzy matrix determinants based on maximum and minimum operations. The method used is a literature study with a theoretical and deductive analytical approach, starting from the formation of the semiring structure, the definition of a square fuzzy matrix, the definition of the set of square fuzzy matrices, the examination of semiring axioms on the set of square fuzzy matrices, to the formulation of a permutation based fuzzy determinant with the maximum operation as an aalogue of addition and the minimum operation as an analogue of multiplication. The result of the study show that the set of $n \times n$ square fuzzy matrices froms an idempotent semiring under fuzzy addition and multiplication operations. Furthermore, the determinant of a fuzzy matrix is defined as the maximum value of the minimum result of selected elements based on all index permutations without involving the permutation sign. Seceral classical determinant properties remain valid, such as the zero row or zero column property, the tringular matrix property, and the equality of the determinant with its transpose. The scalar multiplication property also remains valid, but undergoes a formal adjustment because in this semiring $k^n = k$ holds, resulting iin $\det(k\tilde{P}) = k \det(\tilde{P})$. However, there are some properties that no longer hold, such as the property of determinant multiplication in the product of two matrices, which does not always hold in the context of fuzzy matrices, and the change in the sign of the determinant due to the exchange of two rows or two columns. This study presents a atructured analysis of the properties of fuzzy matrix determinants and their differences from classical matrix determinants.

Keywords: fuzzy matrix determinant, fuzzy matrix, semiring, determinant properties

PRAKATA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT. atas rahmat, hidayat, berkat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul "SIFAT-SIFAT DETERMINAN MATRIKS *FUZZY*" ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyandang gelar Sarjana Matematika (S.Mat.) pada Program Studi Matematika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Berdasarkan hal tersebut, penulis berterima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda Sudarto, Almarhumah Ibunda Yuli Haryanti, dan Ibu Sumiati, yang senantiasa mengalirkan doa, kasih sayang, serta dukungan moral maupun materi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik;
2. Almarhum Kakek Darmadi dan Nenek Sulastri, pahlawan luar biasa dalam hidup penulis yang telah dengan penuh keikhlasan dan kasih sayang merawat dan mendidik penulis sejak hari pertama dilahirkan hingga saat ini, atas setiap keringat dan doa malam yang senantiasa dipanjatkan untuk keberhasilan penulis sehingga skripsi ini dapat penulis selesaiakan dengan baik;
3. Ibu Dr. Nilamsari Kusumastuti, S.Si.,M.Sc. dan bapak Fransiskus Fran, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dengan penuh kesabaran dalam penyusunan skripsi ini;
4. Bapak Dr. Bayu Prihandono, S.Si.,M.Sc. dan ibu Asri Rahmawati, M.Mat. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini;
5. Seluruh Dosen dan Staf Administrasi Program Studi Matematika, yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan serta membentu kelancaran urusan administrasi;
6. Teman-teman seperjuangan, serta teman-teman ± 20 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi yang disusun dapat diselesaikan dengan baik.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang matematika. Demikian pengantar yang dapat penulis sampaikan, atas perhatian pembaca penulis mengucapkan terika kasih.

Pontianak, 20 Februari 2026

Yunda Khusnul Khotimah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR SIMBOL ..... **x**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Tinjauan Pustaka 3
1.6 Metodologi Penelitian 4
BAB II LATAR BELAKANG **7**
2.1 Himpunan *Fuzzy* 7
2.2 Operasi pada Himpunan *Fuzzy* 8
2.3 Matriks 9
2.4 Determinan Matriks 10
2.5 Sifat-Sifat Determinan 14
BAB III DETERMINAN MATRIKS *FUZZY* **15**
3.1 Matriks *Fuzzy* 15
3.1.1 Relasi *Fuzzy* 15
3.1.2 Semiring 18
3.1.3 Definisi Matriks *Fuzzy* 23
3.1.4 Operasi Dasar pada Matriks *Fuzzy* 23
3.1.5 Sifat-Sifat Matriks *Fuzzy* 26
3.2 Himpunan Matriks *Fuzzy* 30
3.3 Determinan Matriks *Fuzzy* 35
3.4 Sifat-Sifat Determinan Matriks *Fuzzy* 39

BAB IV KESIMPULAN 50
DAFTAR PUSTAKA..... 52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir (*flowchart*) Langkah-Langkah Penelitian Determinan Matriks *Fuzzy* 6
Gambar 2. 2 Pohon Permutasi dari Tiga Bilangan Bulat 10

DAFTAR SIMBOL

A, B	:	Matriks
$\tilde{P}, \tilde{Q}$	:	Matriks *fuzzy*
$A = [a_{ij}]$	:	Matriks dengan entri a_{ij}
$\tilde{P} = [p_{ij}]$	:	Matriks *fuzzy* dengan entri $p_{ij} \in [0,1]$
a_{ij}	:	Elemen matriks pada baris ke-i kolom ke-j
p_{ij}	:	Elemen matriks *fuzzy* pada baris ke-i kolom ke-j
$m \times n$	:	Ordo/ukuran matriks dengan m baris dan n kolom
$\det(A)$	:	Determinan matriks A
$\det(\tilde{P})$	:	Determinan matriks *fuzzy* $\tilde{P}$
$\max$	:	Operasi maksimum
$\min$	:	Operasi minimum
$[0,1]$	:	Interval tertutup antara 0 dan 1
$\mu_A(x)$	:	Derajat keanggotaan elemen x dalam himpunan A
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	:	Derajat keanggotaan elemen x dalam himpunan *fuzzy* $\tilde{A}$
$\tilde{R} \subseteq X \times Y$	:	Relasi *fuzzy* dari himpunan X ke himpunan Y
$X \times Y$	:	Perkalian Kartesius dari himpunan X dan Y
$\mu_{\tilde{R}}(x_i, y_j)$	:	Derajat keanggotaan pasangan (x_i, y_j) pada relasi *fuzzy* $\tilde{R}$
$([0,1], \max, \min)$	:	Struktur semiring maksimum-minimum pada interval $[0,1]$
$\tilde{P}^T$	:	Transpos dari matriks *fuzzy* $\tilde{P}$
$\tilde{P}^C$	:	Komplemen dari matriks *fuzzy* $\tilde{P}$
α	:	Skalar pada interval $[0,1]$
$\tilde{P}^{(\alpha)}$	:	*Upper* α*-cut* dari matriks *fuzzy* $\tilde{P}$
$\tilde{P}_{(\alpha)}$	:	*Lower* α*-cut* dari matriks *fuzzy* $\tilde{P}$

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matriks merupakan salah satu konsep fundamental dalam aljabar linear yang memiliki peran penting dalam berbagai cabang matematika terapan maupun lainnya. Secara umum, matriks didefinisikan sebagai susunan elemen-elemen yang diatur dalam baris dan kolom sehingga membentuk struktur persegi panjang (Anton & Rorres, 2013). Dalam parktiknya, matriks digunakan untuk merepresentasikan sistem persamaan linear, transformasi linear, serta berbagai permasalahan optimisasi dan komputasi numerik.

Salah satu konsep penting dalam matriks persegi adalah determinan. Determinan merupakan fungsi yang memetakan matriks persegi ke suatu skalar dan berperan dalam menentukan keterbalikan matriks, karakteristik sistem persamaan linear, serta sifat-sifat aljabar lainnya(Anton & Rorres, 2013). Secara teoritis, determinan dibangun dari kombinasi hasil kali elementer yang ditentukan oleh permutasi indeks baris dan kolom.

Namun, dalam berbagai fenomena nyata seperti sistem pengambilan keputusan, hubungan sosial, dan pemodelan ketidakpastian, hubungan antara elemen seringkali tidak bersifat biner (0 atau 1), melainkan memiliki derajat tertentu. Untuk mengatasi kondisi tersebut, Lotfi A. Zadeh melalui karyanya *Fuzzy Sets* memperkenalkan teori himpunan *fuzzy*, yang memungkinkan setiap elemen memiliki derajat keanggotaan dalam interval $[0,1]$.

Himpunan *fuzzy* merupakan generalisasi dari himpunan klasik (*crisp*), dimana fungsi keanggotaan memetakan setiap elemen pada himpunan semesta ke suatu nilai real dalam interval tertutup $[0,1]$ (Zimmermann, 2001). Operasi dasar pada himpunan *fuzzy* seperti gabungan dan irisan didefinisikan menggunakan operasi maksimum dan minimum (Zadeh, 1965). Konsep ini yang kemudian diperluas dalam relasi *fuzzy*, yaitu relasi yang derajat hubungannya dinyatakan melalui fungsi keanggotaan pada perkalian Kartesius dua himpunan (Zimmermann, 2001).

Apabila himpunan yang berelasi bersifat berhingga, relasi *fuzzy* dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks yang setiap elemennya merupakan derajat keanggotaan. Representasi ini dikenal dengan matriks *fuzzy*. Dengan demikian, matriks *fuzzy* merupakan perluasan dari matriks klasik dimana setiap entri berada dalam interval $[0,1]$ dan operasi aritmatika yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik *fuzzy* (Pal, 2024).

Struktur aljabar yang mendasari operasi maksimum dan minimum pada interval $[0,1]$ adalah semiring. Menurut (Golan, 1999)), semiring merupakan himpunan tak kosong yang dilengkapi dua operasi biner yang memenuhi sifat monoid komutatif terhadap penjumlahan dan semigrup terhadap perkalian, serta memenuhi sifat distributif dan elemen absorpsi. Dalam konteks *fuzzy*, struktur $([0,1], \max, \min)$ memenuhi aksioma semiring sehingga menjadi landasan formal dalam pengembangan teori matriks *fuzzy* (Golan, 1999).

Perkembangan terkait matriks *fuzzy* salah satunya dibahas oleh Madhumangal Pal (2024). Dalam karyanya, dijelaskan berbagai operasi dasar matriks *fuzzy*, sifat-sifat aljabar yang berlaku, serta perluasan konsep determinan dalam kerangka *fuzzy*. Determinan matriks *fuzzy* didefinisikan dengan mempertahankan struktur permutasi sebagaimana pada determinan klasik, tetapi menggunakan operasi maksimum dan minimum sebagai pengganti penjumlahan dan perkalian biasa.

Penelitian mengenai matriks *fuzzy* juga dibahas oleh Hanifah dan kawan-kawan (2019). Pada penelitian ini juga membahas mengenai pengembangan konsep determinan matriks *fuzzy* dengan meggunakan operasi maksimum dan minimum. Dibahas pula beberapa sifat determinan *fuzzy* diantaranya seperti determinan transpos dan determinan matriks segitiga. Namun, dalam karyanya lebih berfokus pada definisi dasar determinan matriks.

Perbedaan mendasar antara struktur aljabar lienar dan struktur semiring *fuzzy* menimbulkan pertanyaan teoritis mengenai sifat-sifat determinan dalam matriks *fuzzy*. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi apakah sifat-sifat determinan pada matriks klasik masik berlaku secara serupa pada determinan matriks *fuzzy*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah mengembangkan secara formal definisi determinan matriks *fuzzy* dalam struktur semiring $([0,1], \max, \min)$ serta menguji keberlakuan sifat-sifat determinan matriks klasik ketika ditransformasikan ke dalam determinan matriks *fuzzy*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengkaji struktur aljabar dari himpunan matriks *fuzzy*
2. Mengembangkan definisi determinan matriks *fuzzy* secara formal dalam struktur semiring $([0,1], \max, \min)$ dengan memanfaatkan sifat-sifat operasi maksimum dan minimum sebagai dasar pembentukannya.
3. Mengevalusi dan mengkaji secara sistematis keberlakuan sifat-sifat determinan matriks klasik ketika ditransformasikan ke dalam determinan matriks *fuzzy*, guna mengidentifikasi sifat yang tetap berlaku maupun yang tidak berlaku dalam struktur semiring $([0,1], \max, \min)$.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kajian determinan matriks *fuzzy* persegi dengan entri dalam interval $[0,1]$ yang didefinisikan pada struktur semiring $([0,1], \max, \min)$. Pembahasan difokuskan pada konstruksi formal determinan dan analisis keberlakuan sifat-sifat determinan matriks klasik dalam konteks matriks *fuzzy*.

1.5 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang matriks *fuzzy* dan determinan *fuzzy* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Thomason (1977) merupakan salah satu pelopor yang memperkenalkan konsep dasar operasi pada matriks *fuzzy* dan aplikasinya dalam pengambilan keputusan. Kontribusinya memberikan landasan awal untuk pengembangan aljabar matriks dalam lingkungan *fuzzy* (Pal, 2024).

(Pal, 2024) dalam karyanya membahas mengenai perkembangan teori matriks *fuzzy*, termasuk struktur aljabar yang mendasarinya, operasi-operasi dasar pada matriks *fuzzy*, serta definisi determinan matriks *fuzzy*. Dalam karyanya, determinan matriks *fuzzy* didefinisikan melalui perluasan definisi determinan matriks real

dengan mengganti operasi penjumlahan dan perkalian klasik menggunakan operasi *fuzzy*. Pal juga menyajikan beberapa sifat determinan matriks *fuzzy* serta contoh perhitungannya. Namun, pembahasan mengenai perbandigan sistematis antara sifat-sifat determinan real dan determinan matriks *fuzzy* masih terbatas.

Hanifah dan kawan-kawan (2019) membahas mengenai determinan matriks *fuzzy* dengan pendekatan yang menitikberatkan pada analisis sifat-sifat determinan dalam konteks operasi *fuzzy* tertentu. Penelitian ini mengkaji keberlakuan beberapa sifat determinan matriks biasa pada matriks *fuzzy* dan menunjukkan bahwa tidak semua sifat determinan klasik dapat dipertahankan ketika operasi aritmatika digantikan oleh operasi *fuzzy*. Meskipun demikian, pembahasan dalam penelitian tersebut masih terbatas pada sifat-sifat tertentu dan belum memberikan klasifikasi yang jelas mengenai sifat determinan yang berlaku dan yang tidak berlaku secara umum.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun definisi dan beberapa sifat determinan matriks *fuzzy* telah dikaji, pembahasan yang secara khusus mengelompokkan dan membandingkan sifat-sifat determinan matriks real yang masih berlaku dan yang tidak berlaku pada determinan matriks *fuzzy* masih terbatas.

1.6 Metodologi Penelitian

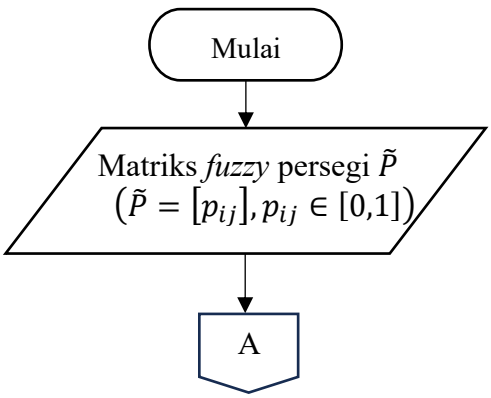
Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur dengan pendekatan analisis teoritis, di mana fokus penelitian adalah pada konstruksi formal dan analisis sifat-sifat determinan matriks *fuzzy* dalam struktur semiring $([0,1], \max, \min)$. Pendekatan teoritis digunakan karena penelitian ini bersifat deduktif, yaitu membangun dan memverifikasi konsep berdasarkan definisi, aksioma, dan teorema yang telah ada tanpa melibatkan data empiris.

Sumber data diperoleh dari buku, jurnal, dan artikel ilmiah yang relevan dengan topik logika *fuzzy*, struktur semiring, serta teori determinan matriks klasik. Referensi utama mencakup literatur mengenai himpunan *fuzzy* dan relasi *fuzzy*, teori matriks, serta sifat-sifat determinan dalam aljabar linear. Literatur terseut digunakan sebagai landasan konseptual dalam proses konstruksi dan pembuktian matematis.

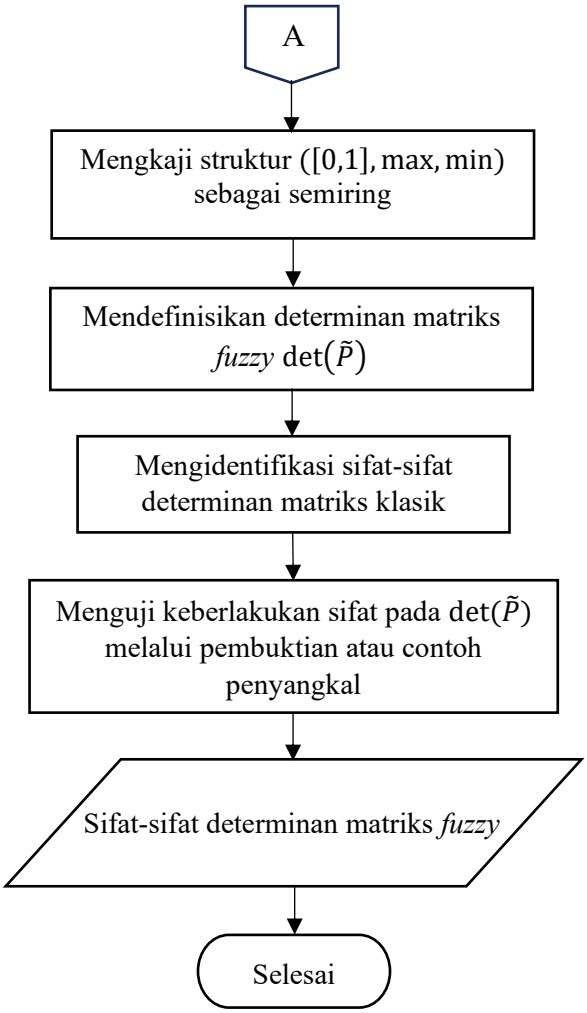
Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengkaji struktur semiring $([0,1], \max, \min)$ sebagai dasar aljabar yang digunakan dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan peninjauan terhadap sifat-sifat operasi maksimum dan minimum, khususnya sifat komutatif, asosiatif, dan distributif untuk memastikan bahwa struktur tersebut memenuhi aksioma semiring.
2. Merumuskan definisi determinan matriks *fuzzy* secara formal dengan mengadaptasi konsep permutasi pada determinan klasik, di mana operasi penjumlahan digantikan oleh maksimum dan operasi perkalian digantikan oleh minimum. Tahap ini menghasilkan formulasi determinan sebagai maksimum dari hasil minimum entri-entri matriks berdasarkan seluruh permutasi indeks.
3. Mengidentifikasi sifat-sifat determinan matriks klasik yang relevan untuk dianalisis, seperti sifat terhadap baris atau kolom nol, sifat matriks segitiga, sifat terhadap transpos, sifat terhadap perkalian skalar, serta sifat perkalian dua matriks.
4. Menganalisis dan membuktikan secara formal keberlakuan sifat-sifat tersebut dalam konteks determinan matriks *fuzzy*. Pada tahap ini dilakukan pembuktian deduktif atau penyajian kontra berupa contoh untuk menunjukkan apakah suatu sifat tetap berlaku, mengalami peruahan formulasi, atau tidak berlaku dalam struktur semiring $([0,1], \max, \min)$.

Langkah-langkah pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pula pada Gambar 1.1 sebagai berikut:



r



Gambar 1. 1 Diagram Alir (*flowchart*) Langkah-Langkah Penelitian Determinan Matriks *Fuzzy*