

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Tanah memiliki peran fundamental sebagai aset sekaligus kepemilikan krusial dalam struktur sosial dan ekonomi masyarakat, khususnya di Indonesia. Dikarenakan sumber daya tanah ini sangat terbatas, pengaturan pembagian dan kepemilikannya sangat penting untuk stabilitas sosial, ekonomi, dan keadilan agraria. Demikian dengan tanah waris, peraturan dan praktik pembagian tanah waris juga sangat penting. Namun, realitanya, proses pembagian tanah waris seringkali dihadapkan pada banyak masalah yang rumit. Ini disebabkan oleh banyak faktor, seperti norma adat, dinamika keluarga, hingga ketentuan hukum yang berlaku yang terkadang belum sepenuhnya selaras [1].

Fragmentasi lahan telah muncul sebagai masalah kritis dan mendesak dengan konsekuensi negatif yang mendalam di tengah situasi kompleks ini [2]. Fragmentasi lahan didefinisikan sebagai situasi di mana sepetak tanah dipecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan tidak koheren secara spasial maupun konseptual [3]. Ini seringkali merupakan konsekuensi langsung dari pembagian warisan yang tidak terencana dan tidak teratur [3]. Dampak dari fragmentasi lahan cukup beragam dan mencakup penurunan produktivitas pertanian akibat kesulitan dalam optimasi manajemen lahan yang efektif, meningkatnya biaya operasional yang terkait langsung dengan aksesibilitas dan penggunaan mesin berat, serta kompleksitas perencanaan spasial dan optimasi pengembangan teritorial [4]. Situasi semacam ini juga dapat menyebabkan sengketa di antara ahli waris yang sah atau dengan pihak luar, yang pada akhirnya, merusak nilai ekonomi lahan tersebut [2].

Sebuah penelitian terbaru oleh Zheng et al. (2023) di Tiongkok menemukan adanya hubungan yang jelas antara tanah yang terpecah-pecah dan kebiasaan petani meninggalkan lahan mereka. Studi ini menunjukkan bahwa semakin banyak lahan petani yang terpecah, semakin besar kemungkinan mereka tidak lagi menggarap lahannya [3]. Temuan ini menunjukkan korelasi

yang kuat dan matang. Lebih detailnya, penelitian ini menemukan bahwa setiap penambahan satu petak lahan yang terpecah, maka kemungkinan petani meninggalkan lahan mereka meningkat sekitar 0,5%. Alasannya? Lahan yang terpecah membuat pekerjaan bertani jadi lebih sulit dan butuh biaya tenaga kerja yang lebih tinggi. Selain itu, lahan yang terpecah juga sulit disewakan kepada pihak lain. Dua hal inilah yang menjadi alasan utama mengapa lahan-lahan tersebut akhirnya ditinggalkan. Penelitian ini juga melihat bahwa dampak fragmentasi itu berbeda-beda. Masalah meninggalkan lahan karena fragmentasi ini lebih sering terjadi di daerah perbukitan atau pegunungan, tidak begitu di dataran rendah [3]. Temuan ini penting, tidak hanya untuk Tiongkok tapi juga untuk negara-negara berkembang seperti Indonesia, yang juga menghadapi masalah lahan terpecah-pecah.

Realita di lapangan secara konsisten menunjukkan bahwa fragmentasi lahan adalah isu nyata dan mendesak di Indonesia, dengan bukti empiris yang terus bermunculan. Sebagai contoh, studi (Yayuk Kusumorini, 2021) tentang fragmentasi tanah pertanian dan bagaimana pengaruhnya terhadap pendapatan petani di Kecamatan Karangmalang Kabupaten Sragen Provinsi Jawa Tengah, menunjukkan bahwa fragmentasi lahan pertanian masih banyak terjadi di daerah penelitian, dan faktor-faktor penyebab terjadinya fragmentasi tersebut adalah adanya pembagian warisan sejumlah 30 petani atau 50,00% dari jumlah sampel, jual beli sejumlah 29 petani atau 48,33% dari jumlah sampel, dan hibah sejumlah satu petani atau 1,67% dari jumlah sampel.

Data dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) tahun 2023 mengindikasikan bahwa sekitar 40% dari total kasus sengketa pertanahan yang tercatat di Indonesia memiliki akar permasalahan pada ketidakjelasan batas bidang dan kepemilikan ganda yang seringkali timbul dari proses pewarisan yang tidak terstruktur [4]. Terlebih, observasi di banyak daerah menunjukkan bagaimana proses pembagian waris tradisional seringkali hanya didasarkan pada kesepakatan keluarga yang tidak selalu mempertimbangkan efisiensi lahan [5]. Ini menyebabkan terciptanya bidang-bidang tanah berbentuk memanjang, sempit, atau terisolir yang sulit

diakses dan dimanfaatkan secara produktif [6].

Selain latar belakang diatas, penulis pernah menangani kasus pembagian tanah waris tak beraturan secara langsung ketika Kuliah Kerja Nyata di Kampung Cibogo Blok Balingbing Kota Bandung [7]. Penulis mendapati masalah serupa saat itu, yakni timbulnya fragmentasi tanah waris tak beraturan setelah proses perhitungan dan pembagian bersama enam ahli waris (dua laki-laki & empat perempuan). Lahan dengan bangunan di atasnya seluas 140m² harus dibagikan kepada delapan bagian sama besar, dengan harapan menekan terpecahnya lahan yang diterima secara maksimal. Hal ini menjadi sebuah tantangan sekaligus masalah yang harus dicari solusinya. Namun, alih-alih sesuai yang diharapkan, pembagian tanah waris tak beraturan tersebut menimbulkan banyak konflik internal karena bentuk tanah yang diterima masing-masing tidak sesuai proporsi luas yang seharusnya.

Agar permasalahan tersebut dapat teratasi, maka terasa sangat penting untuk menerapkan suatu metode pembagian tanah waris yang sistematis dengan memitigasi fragmentasi lahan yang tidak beraturan. Selama ini, metode yang dipakai dalam pembagian secara konvensional kurang objektif, tidak efisien, dan sulit mengintegrasikan berbagai kriteria relevan secara serempak, seperti luas hak waris, bentuk optimal, dan nilai tanah [5].

Dalam upaya mencari solusi mitigasi fragmentasi tanah waris, Algoritma Genetika (AG) menawarkan pendekatan komputasi yang inovatif dan menjanjikan [8]. Terinspirasi dari prinsip evolusi biologis, AG memiliki kapabilitas untuk menemukan solusi optimal pada permasalahan yang kompleks, khususnya yang melibatkan ruang pencarian luas dengan banyak variabel dan kendala. Potensi AG sangat relevan untuk diaplikasikan dalam masalah optimasi pembagian luas, yang berkaitan dengan isu pembagian tanah waris, seperti yang telah ditunjukkan dalam studi optimasi tata guna lahan [9].

Namun, terdapat celah penelitian yang cukup besar. Terpakaiannya Algoritma Genetika untuk mengurangi fragmentasi lahan dalam konteks pembagian tanah waris tak beraturan masih sangat terbatas. Fragmentasi lahan tanah waris hampir tidak pernah dijadikan fokus penelitian, di mana penelitian

yang ada cenderung di seputar optimasi alokasi lahan untuk pembangunan ataupun pertanian. Algoritma Genetika dapat menawarkan pendekatan yang lebih objektif dan lebih efisien dibandingkan dengan metode tradisional, di mana pembagian tanah waris tak beraturan ini, dapat dilakukan dengan mempertimbangkan secara bersamaan pada beberapa kriteria penting, seperti proporsi luas dan bentuk bidang tanah, aksesibilitas, serta nilai ekonomisnya, dan berpotensi besar fragmentasi.

Berdasarkan permasalahan dan celah penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini mengusulkan pembahasan mengenai implementasi Algoritma Genetika untuk mengembangkan solusi optimasi yang mampu menemukan konfigurasi pembagian tanah waris tak beraturan dengan hasil paling optimal dan adil, yang sasaran utamanya adalah memitigasi fragmentasi lahan secara signifikan dengan pertimbangan kriteria berdasarkan proporsi luas hak waris dan kekompakan bentuk bidang.

Dengan demikian, judul penelitian yang diambil ialah; Implementasi Algoritma Genetika untuk Mitigasi Fragmentasi Lahan dalam Pembagian Tanah Waris Tak Beraturan.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Dari latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana Algoritma Genetika diimplementasikan secara efektif untuk memitigasi fragmentasi lahan pada kasus pembagian tanah waris tak beraturan.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan menerapkan model Algoritma Genetika yang mampu mengoptimalkan pembagian tanah waris tak beraturan, dengan mempertimbangkan kriteria proporsi luas hak ahli waris dan kekompakan bentuk bidang, untuk meminimalkan fragmentasi lahan?
2. Bagaimana efektivitas Algoritma Genetika dalam memitigasi fragmentasi lahan dalam pembagian tanah waris tak beraturan berdasarkan indikator

kekompakan bentuk bidang, seperti Indeks Bentuk/rasio Keliling-Luas dan deviasi luas proporsional?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan yang telah ditetapkan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan mengimplementasikan model Algoritma Genetika yang mampu mengoptimalkan pembagian bidang tanah warisan, dengan mengintegrasikan kriteria proporsi luas hak waris dan kekompakan bentuk bidang, guna meminimalkan fragmentasi lahan.
2. Menganalisis dan mengevaluasi efektivitas kinerja Algoritma Genetika dalam memitigasi fragmentasi lahan dalam pembagian tanah waris tak beraturan, berdasarkan indikator kekompakan bentuk bidang (seperti Indeks Bentuk atau rasio Keliling-Luas) dan deviasi luas proporsional.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, baik secara akademis maupun praktis, dalam upaya mitigasi fragmentasi tanah waris tak beraturan. Manfaat-manfaat tersebut adalah:

1. Manfaat Akademis
 - a. Pengembangan Ilmu Pengetahuan
Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan aplikasi Algoritma Genetika di bidang optimasi spasial, khususnya dalam konteks pembagian tanah waris tak beraturan. Ini dapat memperkaya literatur tentang penggunaan *artificial intelligence* untuk masalah manajemen sumber daya lahan.
 - b. Landasan Penelitian Lanjut
Temuan dari penelitian ini dapat berfungsi sebagai landasan dan acuan untuk studi-studi berikutnya yang bertujuan untuk merancang model optimasi pembagian lahan dengan kriteria yang lebih rumit, seperti memasukkan faktor aksesibilitas atau nilai ekonomi lahan. Penelitian

selanjutnya juga bisa mengeksplorasi penggunaan Algoritma Genetika bersamaan dengan metode metaheuristik yang lebih variatif.

c. Metodologi Inovatif

Menyediakan pendekatan komputasi yang efektif dan tidak memihak untuk menangani isu-isu yang biasanya diselesaikan dengan cara manual atau berdasarkan pandangan pribadi.

2. Manfaat Praktis

a. Solusi Mitigasi Fragmentasi Lahan

Menyediakan solusi komputasi alternatif untuk mengurangi dampak negatif dari fragmentasi lahan yang disebabkan oleh pembagian warisan tak beraturan. Dengan melakukan optimasi, dapat dicapai konfigurasi pembagian tanah waris yang lebih efisien dan berfungsi dengan baik.

b. Pendukung Keputusan Bagi Pihak Terkait

Model yang telah dikembangkan memiliki potensi untuk berfungsi sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan bagi lembaga pertanahan, seperti Kementerian ATR/BPN, notaris, serta para ahli waris, dalam merancang pembagian tanah waris yang lebih optimal sehingga dapat mengurangi risiko sengketa di kemudian hari.

c. Peningkatan Nilai Lahan

Dengan menciptakan bentuk lahan yang lebih terstruktur dan efisien, penelitian ini mampu membantu menjaga atau bahkan menambah nilai ekonomis dari lahan warisan, serta mempermudah pengelolaan dan pemanfaatan tanah oleh ahli waris.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah. Untuk menjaga penelitian ini tetap fokus, terarah, dan dapat diselesaikan secara efektif dalam lingkup waktu yang tersedia, maka batasan masalah ditetapkan dengan sebagai berikut:

1. Tanah yang Dibagi

Penelitian ini hanya akan fokus pada satu bidang tanah waris yang utuh, yang nantinya akan dibagikan kepada sejumlah ahli waris. Analisis ini tidak akan mencakup pembahasan mengenai penggabungan beberapa bidang tanah yang sudah terpecah di antara berbagai pemilik, ataupun tanah yang sudah dalam kondisi tidak teratur sejak awal sebelum proses pewarisan.

2. Kriteria Optimasi Pembagian

Saat Algoritma Genetika mencari solusi terbaik, penelitian ini hanya akan fokus pada dua kriteria utama:

- a. Proporsi luas yang adil; memastikan setiap ahli waris mendapat bagian tanah dengan luas yang sesuai dengan hak warisnya berdasarkan proporsi dalam ilmu Faraidh.
- b. Bentuk tanah yang rapi; berusaha untuk menjadikan petak-petak tanah yang dibagikan memiliki bentuk yang paling teratur dan efisien (mendekati kotak atau persegi panjang), yang akan dinilai melalui beberapa indikator kekompakan (Indeks Bentuk atau rasio antara keliling dan luas). Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor lain seperti aksesibilitas jalan, variasi harga tanah di masing-masing lokasi, kondisi tanah (datar atau berbukit, jenis tanah), adanya infrastruktur (sumur, listrik), atau preferensi pribadi dari ahli waris yang tidak dapat diukur secara angka.

3. Batasan Teknologi

Implementasi model Algoritma Genetika akan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk komputasi spasial, tanpa melibatkan penggunaan *software* GIS yang spesifik (misalnya ArcGIS, QGIS) untuk proses optimasi inti.

4. Data yang Dipakai

Penelitian ini akan memakai data hasil dari proses digitasi geospasial. Penulis tidak menggunakan GNSS (*Global Navigation Satellite System*), *Theodolite*, atau Total Station yang punya akurasi peta sangat tinggi.

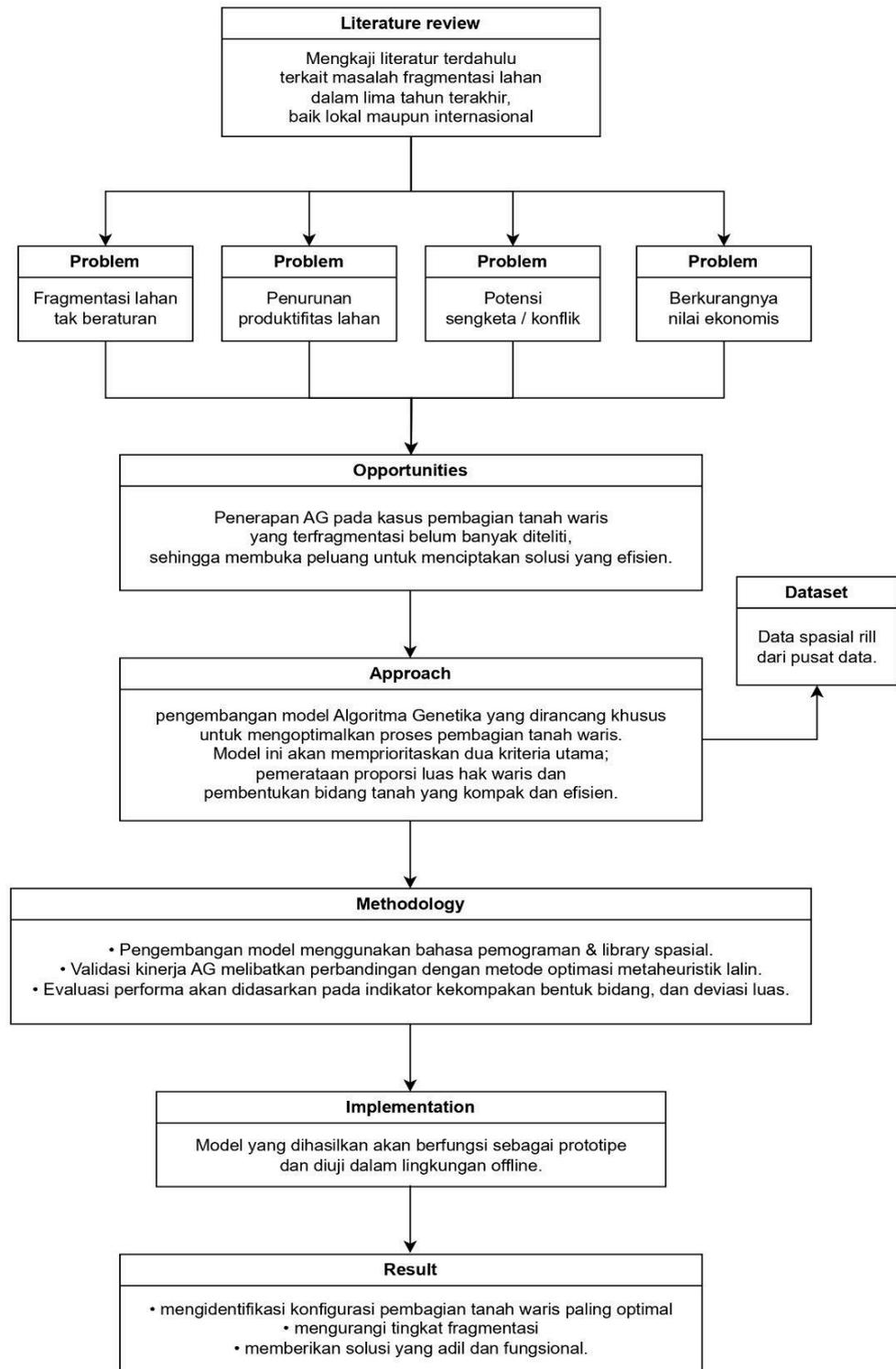
5. Hasil Akhir Penelitian

Hasil utama dari penelitian ini adalah model Algoritma Genetika yang bisa dijalankan, lalu usulan cara pembagian tanah (dalam bentuk gambar peta dan data koordinat), serta analisis sejauh mana keberhasilan model yang dibuat dalam mengurangi masalah tanah waris terpecah-pecah. Penulis tidak akan mengurus legalitasnya.

1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian

Kerangka pemikiran ini menjabarkan perjalanan logis penelitian, mulai dari akar masalah yang ingin dipecahkan, solusi inovatif yang ditawarkan, hingga bagaimana penelitian ini dijalankan dan hasil apa yang diharapkan.

Kerangka pemikiran di bawah ini secara komprehensif memvisualisasikan seluruh alur studi, dari identifikasi tantangan fragmentasi lahan hingga pengembangan solusi Algoritma Genetika yang diharapkan mampu memitigasi fragmentasi tanah waris tak beraturan dengan hasil optimal dan efisien. Semua elemen penting ini dirangkum dalam Gambar 1.1 pada halaman berikutnya.



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran Penelitian

1.7 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggabungkan dua pendekatan penelitian. Metodologi yang digunakan untuk seluruh proses penelitian ini adalah dengan Pendekatan Pemodelan dan Simulasi (*Modeling and Simulation Approach*), mengikuti panduan metodologi penelitian yang terdapat dalam buku berjudul; *Simulation Modeling & Analysis*, karya Averill M. Law [10].

Adapun langkah penelitian ini dengan *Modeling and Simulation Approach* adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan Masalah dan Merencanakan Penelitian
2. Mengumpulkan dan Memproses Data Geospasial
3. Mengembangkan Model Algoritma Genetika
4. Verifikasi Model Model Algoritma Genetika
5. Melakukan Eksperimen dengan Algoritma Genetika
6. Menganalisis Data Hasil dari Algoritma Genetika
7. Mengimplementasikan Hasil Algoritma Genetika

Sedangkan pada tahap akuisisi atau pengumpulan data, penelitian ini mengikuti alur pengumpulan data geospasial sesuai standar langkah pengerjaan proyek SIG, seperti yang tercantum dalam buku berjudul *Introduction to Geographic Information System*, karya Kang-Tsung Chang [11].

Adapun langkah pengerjaan bagian data geospasial dengan adalah sebagai berikut:

1. Akuisisi Data (*Data Acquisition*)
2. Manajemen Data Atribut (*Attribute Data Management*)
3. Penyajian Data (*Data Display*)
4. Eksplorasi Data (*Data Exploration*)
5. Analisis Data (*Data Analysis*)

1.8 Sistematika Penulisan

Agar pembahasannya mudah diikuti, laporan ini penulis bagi menjadi lima bab yang saling terhubung. Masing-masing bab memiliki fokusnya sendiri, sehingga alur ceritanya mengalir secara runut dari awal hingga akhir.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mengantarkan pembaca kepada topik penelitian. Isinya dimulai dengan latar belakang masalah fragmentasi lahan secara umum, dilanjutkan dengan masalah spesifik pada fragmentasi tanah waris, dan urgensi solusinya. Kemudian, dirumuskan masalah penelitian berupa pertanyaan, ditentukan tujuan penelitian yang ingin dicapai, dipaparkan manfaat penelitian, dan pembatasan ruang lingkup masalah. Bagian ini juga menyajikan kerangka pemikiran yang menjadi alur logis penelitian, serta metodologi penelitian yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mengulas penelitian terdahulu yang terbaru (*state of the art*) dan landasan teori yang digunakan. Pembahasannya mencakup studi-studi relevan yang menggunakan Algoritma Genetika dan metode optimasi lain untuk masalah spasial. Selain itu, bab ini juga memuat konsep-konsep utama seperti prinsip dasar Algoritma Genetika, rumus umum Algoritma Genetika, Ilmu Faraidh, serta teori di balik fragmentasi lahan dan metrik pengukurannya. Landasan teori dan referensi untuk penelitian ini peneliti ambil dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal, dan karya ilmiah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan metodologi penelitian yang menjelaskan secara rinci prosedur dan teknik yang digunakan dalam penelitian. Bab ini juga memuat alur penelitian, sumber dan pengumpulan data riil (*data collecting*), tahapan *data processing*, *data modeling*, desain Algoritma Genetika, serta skenario evaluasi dengan metrik yang sudah ditentukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan temuan dan analisis penelitian. Hasil penelitian dipaparkan berdasarkan tahapan yang telah dilakukan. Pemaparan disusun sesuai urutan rumusan masalah. Selanjutnya, dilakukan pembahasan mendalam atas temuan tersebut untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pembahasan pada bab ini bersifat tematik, yaitu setiap temuan dianalisis secara langsung. Bab ini juga

mengaitkan hasil penelitian dengan kajian literatur yang relevan dan mengevaluasi kekurangan dari model Algoritma Genetika yang telah dibangun.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan rangkuman akhir dari penelitian. Kesimpulan yang diperoleh secara langsung menjawab pertanyaan penelitian. Selain itu, pada bab ini juga berikan saran untuk pengembangan model lebih lanjut dan rekomendasi untuk pemanfaatan hasil penelitian selanjutnya.

