

LAPORAN DASHBOARD SAVI
UJIAN AKHIR SEMESTER KOMPUTASI STATISTIK



Dosen Pengampu:
Yuliagnis Transver Wijaya, S.ST, M.Sc

Dibuat oleh:
Rezky Amaliah (222313344)
2KS3

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV KOMPUTASI STATISTIK
POLITEKNIK STATISTIKA STIS
2024/2025

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Di era digital saat ini, data telah menjadi aset strategis yang mendasari pengambilan keputusan di berbagai bidang, mulai dari bisnis hingga kebijakan publik. Kemampuan untuk mengekstrak wawasan yang bermakna dari kumpulan data yang besar dan kompleks merupakan kunci untuk merumuskan strategi yang efektif. Salah satu area kebijakan yang sangat bergantung pada analisis data yang akurat adalah perencanaan pembangunan dan manajemen risiko bencana, di mana pemahaman mendalam tentang kerentanan sosial suatu populasi menjadi esensial. Indeks Kerentanan Sosial (SoVI) merupakan sebuah alat ukur multidimensional yang dirancang untuk tujuan ini, mengintegrasikan berbagai variabel demografis, ekonomi, dan lingkungan untuk memetakan wilayah yang paling rentan.

Kompleksitas analisis ini tidak hanya terletak pada banyaknya variabel atribut untuk setiap wilayah, tetapi juga pada pemahaman hubungan spasial atau struktural antar wilayah tersebut. Hubungan ini secara kuantitatif direpresentasikan dalam sebuah matriks jarak, yang menjadi dataset pendukung krusial dalam proyek ini. Analisis yang holistik menuntut integrasi antara analisis berbasis atribut (misalnya, regresi terhadap skor SoVI) dan analisis berbasis relasional (misalnya, clustering spasial berdasarkan jarak), sebuah tugas yang sulit dicapai dengan alur kerja konvensional yang terpisah dan seringkali memerlukan perangkat lunak yang berbeda.

Proses analisis konvensional yang terfragmentasi ini tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan dan menghasilkan laporan akhir yang statis. Perkembangan pesat dalam ekosistem komputasi statistik, khususnya bahasa pemrograman R dengan paket Shiny, menawarkan solusi untuk tantangan ini. Shiny memungkinkan pengembangan aplikasi web interaktif yang dapat menyatukan berbagai jenis analisis dalam satu platform terpadu.

Proyek ini, yang merupakan implementasi dari materi mata kuliah Komputasi Statistik, bertujuan untuk menjawab tantangan integrasi tersebut dengan membangun sebuah dashboard interaktif bernama SAVI (Sistem Analisis Visualisasi Interaktif). Dashboard ini dirancang khusus untuk menganalisis dataset SoVI beserta matriks jaraknya, menyediakan serangkaian alat statistik lengkap yang efisien dan mampu menyajikan hasil dalam format laporan yang rapi dan siap pakai.

B. RUMUSAN MASALAH

1. Sejauh mana sebuah platform tunggal yang dikembangkan menggunakan R Shiny mampu mengintegrasikan keseluruhan alur kerja analisis statistik, mulai dari pra-pemrosesan data hingga pelaporan akhir, untuk data sekomples Indeks Kerentanan Sosial?

2. Apa saja tantangan teknis dalam mengimplementasikan serangkaian metode statistik ke dalam satu antarmuka dashboard yang intuitif dan mudah digunakan?
3. Bagaimana integrasi antara analisis berbasis atribut (dari data SoVI) dengan analisis berbasis relasional (dari matriks jarak) dapat menghasilkan wawasan yang lebih holistik dan mendalam mengenai kerentanan sosial?
4. Apakah penyajian hasil analisis dalam format visual yang interaktif dan dinamis secara efektif dapat meningkatkan pemahaman dan interpretasi data dibandingkan dengan laporan statistik konvensional yang bersifat statis?
5. Bagaimana fungsionalitas unduh laporan otomatis dalam format profesional (.docx, .xlsx) dapat dikembangkan untuk menjawab kebutuhan efisiensi dan reproduktifitas dalam proses pelaporan analisis data?

C. TUJUAN

1. Mengembangkan sebuah aplikasi web fungsional menggunakan R Shiny yang mampu mengintegrasikan seluruh alur kerja analisis data SoVI, dari manajemen data hingga visualisasi dan pelaporan, dalam satu platform yang efisien. Mengimplementasikan Berbagai Metode Statistik.
2. Menyediakan serangkaian fitur analisis statistik yang komprehensif dan intuitif, mencakup analisis deskriptif, inferensia, ANOVA, dan regresi, sehingga dapat diakses oleh pengguna dengan berbagai tingkat keahlian.
3. Menggabungkan kemampuan analisis data atribut (variabel-variabel SoVI) dengan analisis data relasional (matriks jarak) untuk menghasilkan pemahaman yang lebih holistik terhadap pola kerentanan sosial.
4. Mentransformasi hasil analisis statistik yang statis menjadi output visual yang dinamis dan interaktif menggunakan plotly dan leaflet untuk meningkatkan pemahaman dan kemudahan interpretasi.
5. Menciptakan fitur unduh laporan dalam format profesional (.docx, .xlsx) menggunakan officer dan flextable untuk mengatasi keterbatasan laporan konvensional dan mendukung reproduktifitas analisis.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengambilan Data

Tahap awal dari proyek ini adalah pengambilan data primer dan sekunder yang menjadi dasar seluruh analisis. Data yang digunakan bersumber dari URL publik yang telah ditentukan dalam kerangka tugas. Terdapat dua set data utama yang digunakan:

1. Dataset Indeks Kerentanan Sosial (SoVI): Merupakan data utama yang berisi berbagai variabel atribut untuk setiap unit observasi (wilayah). Data ini diambil dari https://raw.githubusercontent.com/bmlmcmc/naspaclust/main/data/sovi_data.csv. Proses pengambilan data dilakukan di dalam lingkungan R menggunakan fungsi `read_csv()` dari paket `readr` yang efisien untuk menangani file CSV modern.
2. Matriks Penimbang Jarak: Merupakan data pendukung yang berisi informasi jarak atau ketidaksamaan (dissimilarity) antar setiap pasangan unit observasi. Data ini diambil dari <https://raw.githubusercontent.com/bmlmcmc/naspaclust/main/data/distance.csv>. Untuk memastikan data ini dibaca sebagai matriks yang valid dengan nama baris yang sesuai, digunakan fungsi `read.csv()` dari base R dengan argumen `row.names = 1`.

3.2 Identifikasi Kebutuhan Data

Identifikasi kebutuhan data dilakukan berdasarkan tujuan proyek dan persyaratan analisis yang ditetapkan dalam tugas akhir. Kebutuhan data diidentifikasi sebagai berikut:

- Data Atribut: Diperlukan dataset yang kaya akan variabel-variabel numerik dan kategorikal untuk dapat melakukan analisis statistik secara komprehensif. Dataset SoVI dipilih karena memenuhi kebutuhan ini, memungkinkan dilakukannya analisis deskriptif, inferensia, ANOVA, dan pemodelan regresi.
- Data Relasional (Jarak): Untuk melengkapi analisis atribut, diperlukan data yang merepresentasikan hubungan antar observasi. Matriks jarak sangat penting untuk memenuhi kebutuhan analisis spasial atau struktural, seperti *clustering* dan *Multidimensional Scaling* (MDS), yang merupakan bagian dari menu eksplorasi data.
- Data Metadata: Diperlukan informasi kontekstual mengenai asal-usul, definisi, dan struktur data. Kebutuhan ini dipenuhi dengan merujuk pada URL metadata yang disediakan, yang informasinya kemudian disajikan di halaman Beranda dashboard.

3.3 Penelaahan Data

Setelah data berhasil diambil, langkah selanjutnya adalah melakukan penelaahan atau eksplorasi data awal untuk memahami struktur dan karakteristiknya. Tahapan ini krusial untuk mengidentifikasi potensi masalah dan merencanakan langkah analisis selanjutnya. Proses penelaahan mencakup:

1. Pemeriksaan Dimensi: Memverifikasi jumlah observasi (baris) dan variabel (kolom) pada setiap dataset untuk memastikan data dimuat dengan benar.
2. Inspeksi Tipe Data: Menggunakan fungsi `str()` di R untuk memeriksa tipe data dari setiap kolom. Pada tahap ini, teridentifikasi bahwa beberapa kolom yang seharusnya bersifat kategorikal (seperti STATE dan COUNTY) terbaca sebagai tipe data lain.
3. Analisis Statistik Deskriptif Awal: Menghitung statistik dasar seperti rata-rata, median, nilai minimum, dan maksimum untuk semua variabel numerik. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran umum tentang distribusi dan rentang nilai setiap variabel.

3.4 Validasi Data

Validasi data adalah proses untuk memastikan data bersih, konsisten, dan siap untuk dianalisis. Berdasarkan temuan dari tahap penelaahan data, beberapa langkah validasi dilakukan:

- Konversi Tipe Data: Kolom-kolom yang secara konseptual bersifat kategorikal (seperti ST_ABBR, COUNTY, STATE) secara eksplisit diubah menjadi tipe data *character* atau *factor* menggunakan fungsi `mutate()` dan `as.character()`. Langkah ini sangat penting untuk memastikan variabel-variabel tersebut tersedia sebagai pilihan yang valid untuk variabel *grouping* atau faktor dalam analisis selanjutnya, seperti pada modul ANOVA.
- Validasi Matriks Jarak: Memastikan bahwa objek `distance_matrix` yang dimuat adalah matriks persegi (jumlah baris sama dengan jumlah kolom) dan simetris, yang merupakan syarat mutlak untuk analisis seperti MDS (`cmdscale`).
- Penanganan Data Sampel: Dalam skenario fallback (jika data dari URL gagal dimuat), data sampel yang dibuat secara sintetis dirancang untuk memiliki struktur dan tipe data yang merepresentasikan data asli, memastikan semua fitur dashboard tetap dapat diuji dan dijalankan.

3.5 Penentuan Objek Data

Tahap terakhir dalam metodologi ini adalah mendefinisikan objek data final yang akan digunakan di seluruh aplikasi Shiny. Dua objek data utama ditentukan:

1. `Sovi_data`: Sebuah *data frame* (atau *tibble*) yang menjadi sumber data utama untuk semua analisis berbasis atribut. Objek ini digunakan dalam modul

Manajemen Data, Eksplorasi Data, Uji Asumsi, Statistik Inferensia, ANOVA, dan Regresi.

2. `Distance_matrix`: Sebuah matriks numerik yang menjadi sumber data utama untuk modul "Analisis Matriks Jarak". Objek ini secara spesifik digunakan untuk fungsi-fungsi yang memerlukan input berupa matriks jarak, seperti `cmdscale`, `hclust`, dan visualisasi heatmap.

Kedua objek ini dimuat saat aplikasi pertama kali dijalankan dan menjadi dasar bagi semua komputasi reaktif yang terjadi di dalam server Shiny, memastikan konsistensi dan integritas data di seluruh sesi pengguna.

BAB III

PEMBAHASAN

Dashboard "SAVI" (Sistem Analisis Visualisasi Interaktif) dirancang dengan pendekatan modular yang intuitif, di mana setiap menu utama di sidebar mewakili satu tahapan krusial dalam alur kerja analisis data. Arsitektur ini memungkinkan pengguna untuk bergerak secara logis dari satu tahap ke tahap berikutnya, mulai dari pemahaman data awal hingga pemodelan yang kompleks. Pembahasan berikut akan menguraikan setiap fitur utama yang telah diimplementasikan, menyoroti kontribusinya dalam menciptakan sebuah platform analisis yang komprehensif.

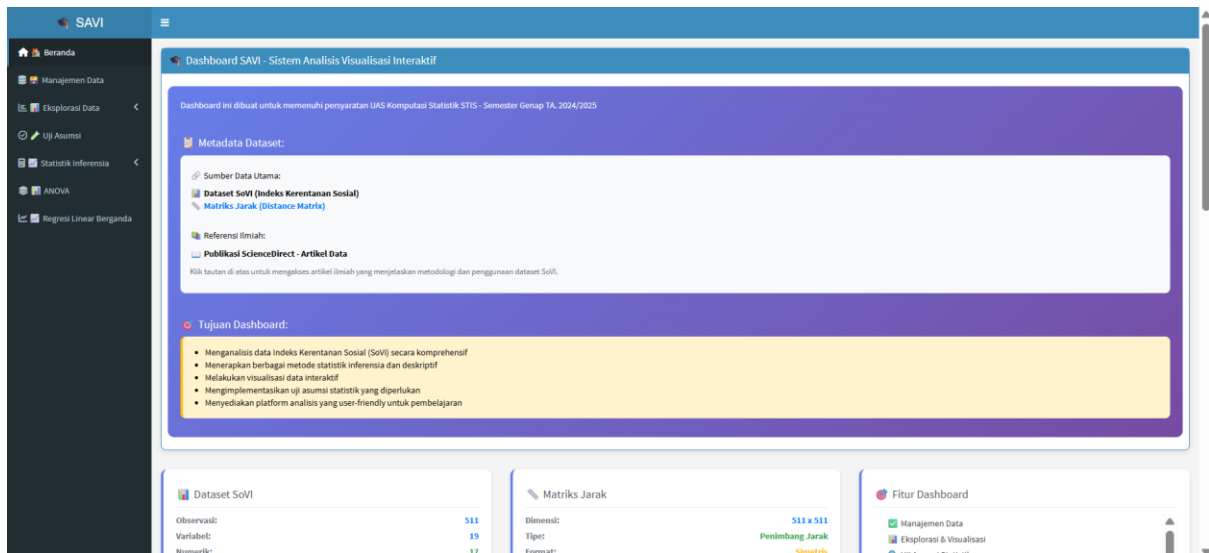
3.1 Arsitektur dan Teknologi yang Digunakan

Fondasi dari dashboard ini adalah bahasa pemrograman R, dengan beberapa paket kunci yang menjadi tulang punggung fungsionalitasnya:

- **Kerangka Aplikasi:** shiny dan shinydashboard digunakan untuk membangun struktur aplikasi, tata letak responsif, dan reaktivitas antarmuka.
- **Manipulasi Data:** Paket dplyr dan tidyr dari ekosistem Tidyverse digunakan secara ekstensif untuk proses pembersihan, transformasi, dan agregasi data.
- **Visualisasi Data:** ggplot2 berfungsi sebagai mesin utama untuk tata bahasa grafis, yang kemudian diubah menjadi plot interaktif (dengan fitur hover, zoom, dan pan) oleh paket plotly. Untuk pemetaan geografis, leaflet diimplementasikan karena kemampuannya menangani data spasial secara dinamis.
- **Tabel Interaktif:** Paket DT (DataTables) digunakan untuk merender data frame menjadi tabel HTML yang interaktif, dilengkapi dengan fitur pencarian, penyortiran, dan paginasi sisi klien maupun server.
- **Pelaporan Dinamis:** Kombinasi paket officer dan flextable menjadi kunci untuk fungsionalitas unduh laporan. officer digunakan untuk membuat dan memanipulasi dokumen Word (.docx), sementara flextable digunakan untuk membuat tabel yang terformat dengan baik di dalam dokumen tersebut. openxlsx juga digunakan untuk ekspor data ke format Excel.

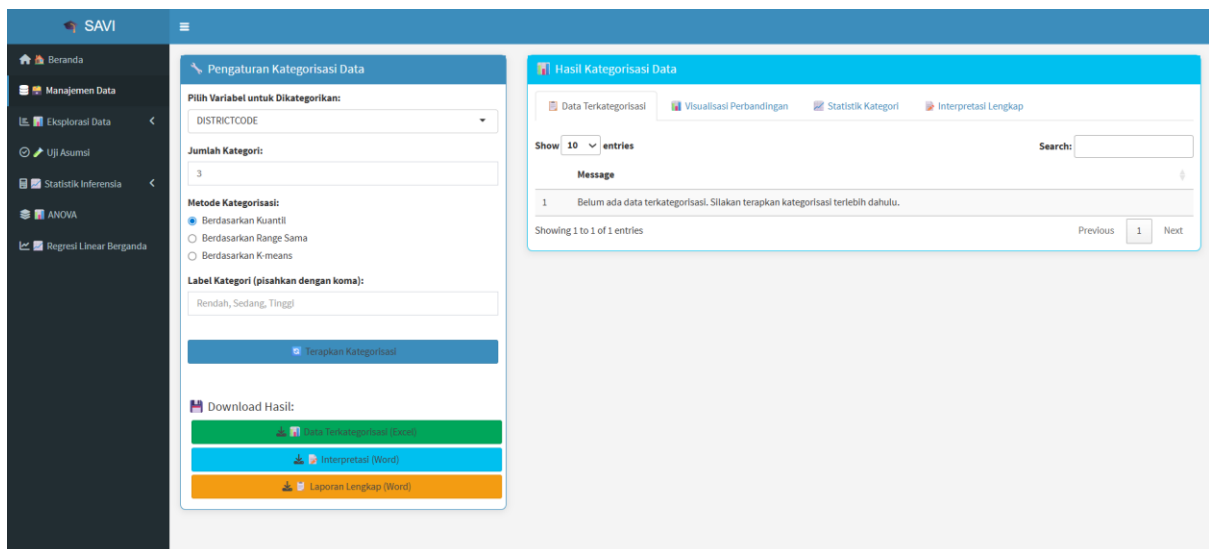
3.2 Analisis Fitur Dashboard

3.2.1 Beranda dan Orientasi Awal



Halaman Beranda berfungsi sebagai "pintu masuk" utama dashboard, yang dirancang untuk memberikan konteks dan ringkasan tingkat tinggi kepada pengguna. Sebelum terjun ke dalam analisis yang mendalam, pengguna pertama-tama disajikan dengan informasi esensial yang mencakup metadata dataset, sumber data, dan referensi artikel ilmiah yang relevan. Hal ini memastikan bahwa setiap analisis yang dilakukan memiliki landasan kontekstual yang kuat. Selain itu, *value boxes* yang menonjol secara visual menyajikan statistik kunci—seperti jumlah observasi dan variabel (baik numerik maupun kategorikal)—baik dari dataset SoVI utama maupun dari matriks jarak. Pendekatan ini memungkinkan pengguna untuk secara cepat memahami skala dan komposisi data yang akan mereka hadapi, memberikan orientasi awal yang sangat berharga sebelum melanjutkan ke modul analisis yang lebih spesifik.

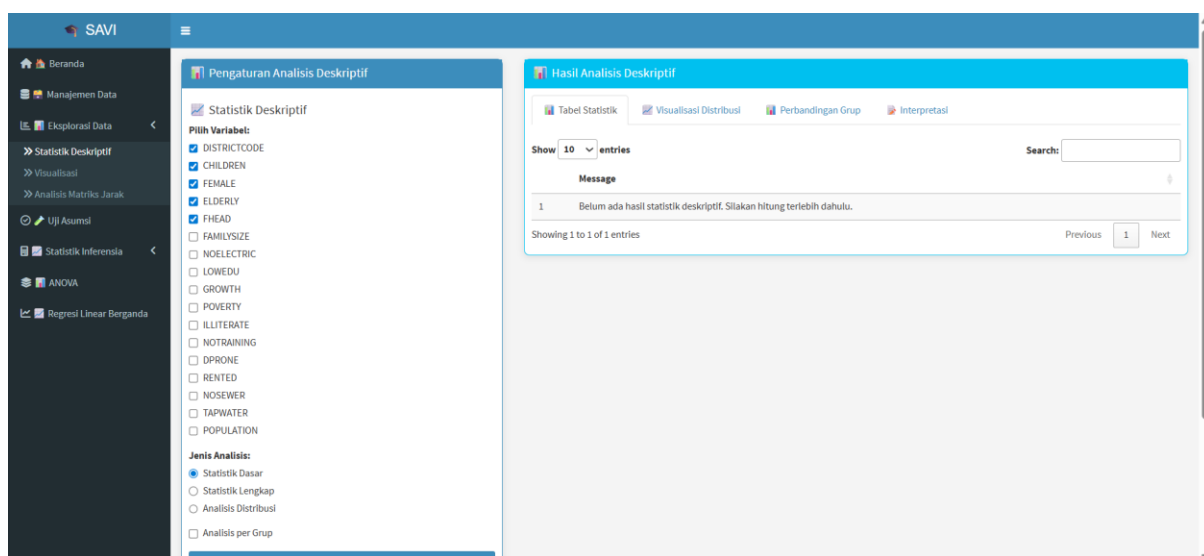
3.2.2 Manajemen Data: Fleksibilitas Analisis



Salah satu langkah paling fundamental dalam setiap alur kerja analisis data adalah persiapan dan transformasi data. Dashboard "SAVI" mengakomodasi kebutuhan ini melalui modul Manajemen Data yang fungsional dan intuitif. Fitur ini secara spesifik

dirancang untuk mengatasi tantangan umum di mana analisis tertentu, seperti ANOVA atau Chi-Square, memerlukan variabel input dalam format kategorikal, sementara data mentah seringkali hadir dalam format numerik kontinu. Melalui antarmuka yang sederhana, pengguna dapat dengan mudah memilih variabel numerik, menentukan jumlah kategori yang diinginkan, dan memilih metode transformasi statistik yang sesuai. Setelah diterapkan, variabel kategorikal baru secara otomatis dibuat dan ditambahkan ke dalam dataset. Untuk memastikan transparansi proses, modul ini juga menyajikan visualisasi perbandingan antara distribusi data asli (histogram) dan data setelah dikategorikan (bar plot), memungkinkan pengguna untuk memvalidasi dampak transformasi secara visual.

3.2.3 Eksplorasi Data: Mengungkap Wawasan Holistik

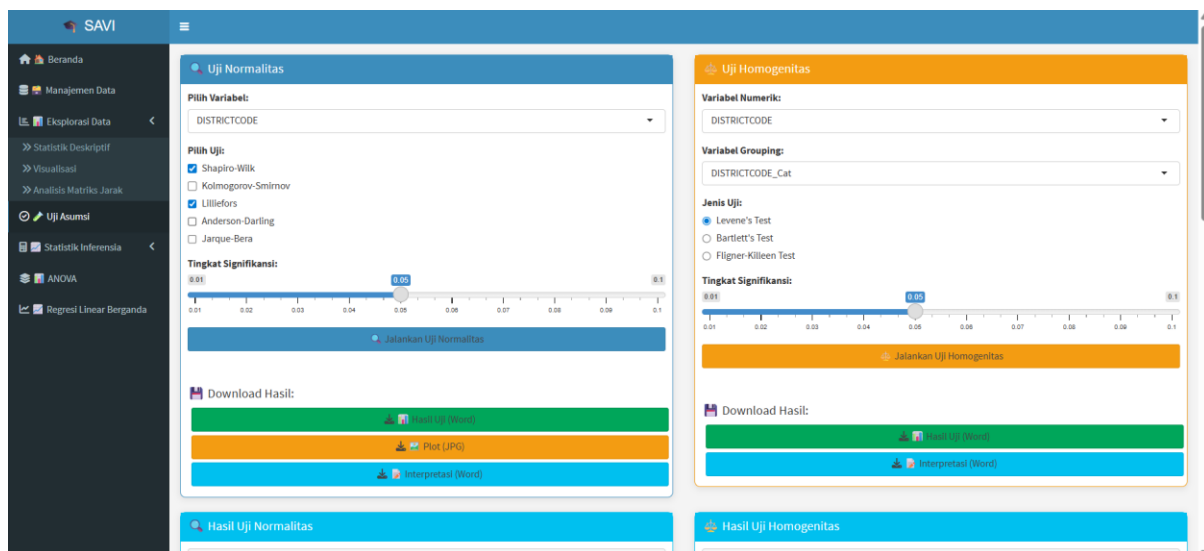


Menu ini merupakan jantung dari analisis eksplorasi, dibagi menjadi tiga sub-menu fungsional untuk memungkinkan penyelidikan data yang komprehensif.

- **Statistik Deskriptif:** Modul ini adalah langkah awal dalam memahami karakteristik numerik data. Pengguna dapat memilih satu atau lebih variabel untuk dianalisis, dan dashboard akan secara otomatis menghitung serta menampilkan serangkaian statistik deskriptif lengkap (mean, median, standar deviasi, kuartil, dll.) dalam sebuah tabel interaktif. Fitur ini sangat penting untuk mengidentifikasi tendensi sentral, sebaran, dan potensi adanya nilai ekstrem dalam data sebelum melangkah ke analisis yang lebih kompleks.
- **Visualisasi & Peta:** Mengubah angka menjadi wawasan visual adalah inti dari modul ini. Dengan memanfaatkan kekuatan ggplot2 dan plotly, pengguna dapat membuat berbagai jenis plot interaktif, seperti *scatter plot* untuk melihat hubungan antar variabel, atau *box plot* untuk membandingkan distribusi antar grup. Kemampuan untuk mengontrol variabel, jenis plot, dan elemen visual lainnya secara dinamis mengubah proses eksplorasi dari statis menjadi sebuah dialog interaktif dengan data.

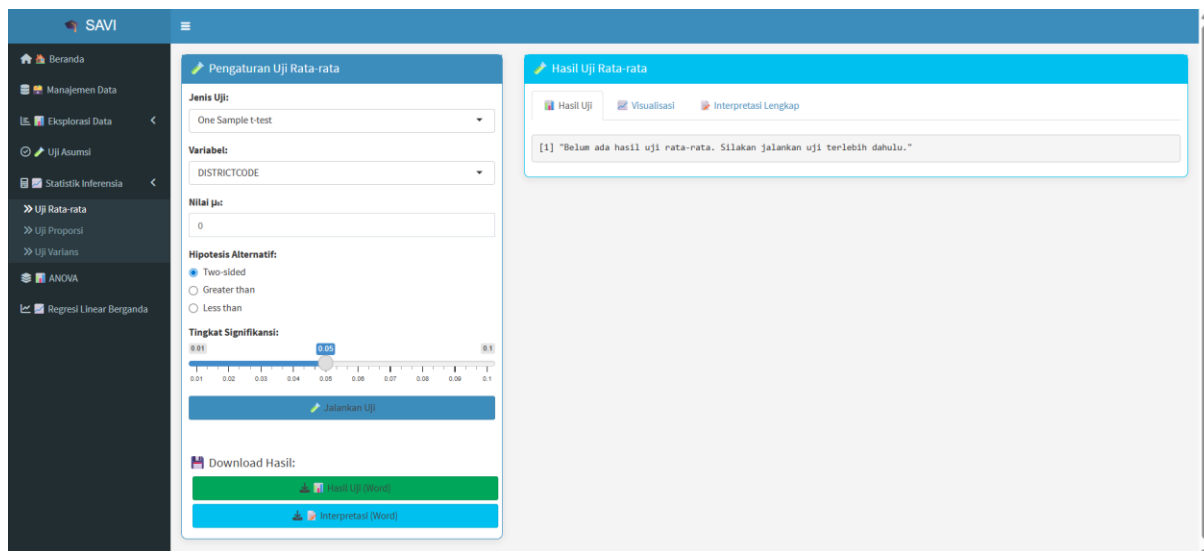
- Analisis Matriks Jarak: Fitur ini secara khusus dirancang untuk menganalisis dataset `distance.csv`, memungkinkan analisis relasional yang tidak dapat diperoleh dari data SoVI saja. Pengguna dapat melakukan *Multidimensional Scaling* (MDS) untuk memvisualisasikan struktur kedekatan data dalam ruang 2D, yang hasilnya ditampilkan dalam *Scree Plot*. Selain itu, fitur ini memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis clustering untuk mengelompokkan wilayah-wilayah yang paling mirip berdasarkan jaraknya, atau menampilkan keseluruhan matriks sebagai heatmap untuk identifikasi visual pola kedekatan.

3.2.4 Uji Asumsi: Fondasi Validitas Statistik



Sebelum melakukan analisis inferensia yang mengandalkan asumsi tertentu, sangat penting untuk memvalidasi asumsi tersebut. Modul Uji Asumsi menyediakan alat diagnostik yang esensial untuk memastikan validitas metodologis. Pengguna dapat dengan mudah melakukan Uji Normalitas pada variabel yang dipilih menggunakan beberapa metode statistik (seperti Shapiro-Wilk dan Lilliefors) dan Uji Homogenitas Varians (seperti Levene's Test). Hasil dari setiap uji tidak hanya ditampilkan dalam bentuk output numerik (p-value), tetapi juga didukung oleh visualisasi diagnostik yang relevan seperti Q-Q Plot. Dashboard ini juga memberikan interpretasi gabungan yang secara cerdas merekomendasikan apakah pengguna sebaiknya melanjutkan dengan uji parametrik atau beralih ke alternatif non-parametrik, sehingga membimbing pengguna menuju praktik analisis yang baik dan benar.

3.2.5 Statistik Inferensia



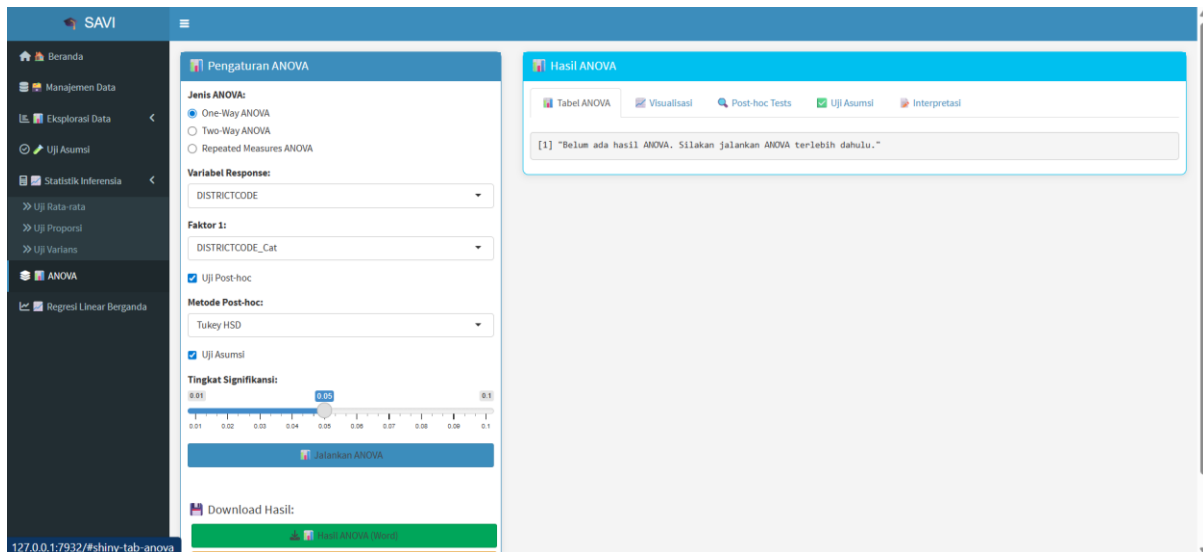
Setelah data dieksplorasi dan asumsi divalidasi, pengguna dapat melanjutkan ke pengujian hipotesis. Modul Statistik Inferensia dibagi menjadi tiga bagian inti untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang spesifik.

- Uji Rata-rata: Menyediakan alat untuk membandingkan rata-rata, baik itu membandingkan rata-rata satu sampel dengan nilai tertentu (One-Sample t-test) maupun membandingkan rata-rata antara dua grup (Two-Sample t-test).
- Uji Proporsi: Fokus pada data kategorikal, fitur ini memungkinkan pengguna untuk menguji proporsi satu sampel terhadap nilai tertentu atau membandingkan proporsi antara dua grup.
- Uji Varians: Modul ini memungkinkan pengguna untuk menguji hipotesis mengenai sebaran data, seperti membandingkan varians antara dua grup menggunakan F-test.

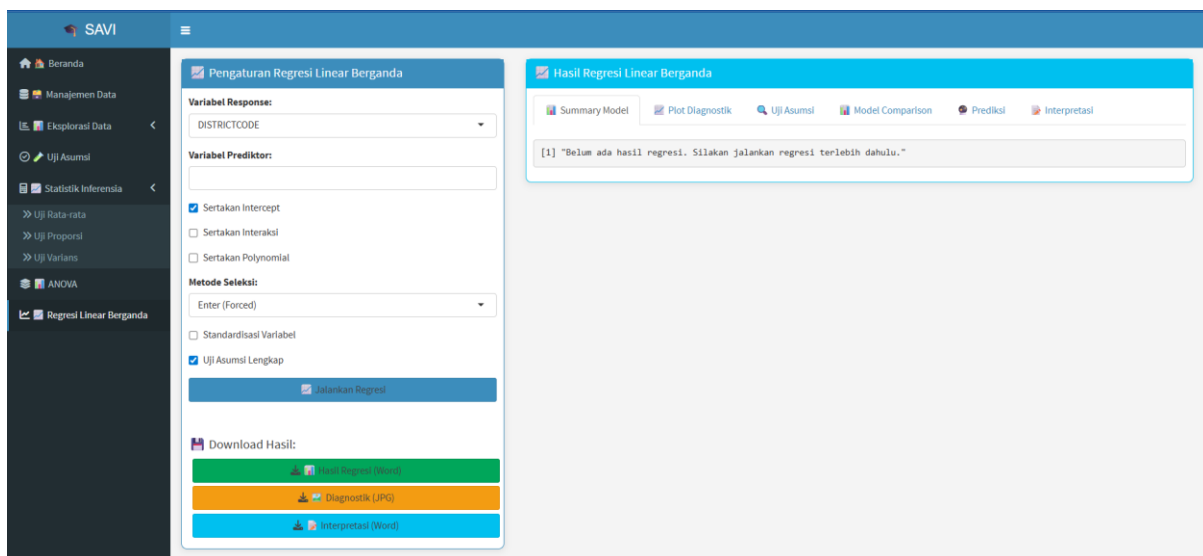
3.2.6 ANOVA dan Regresi Linear Berganda

Ini adalah modul untuk analisis statistik yang lebih lanjut, fokus pada pemodelan dan perbandingan.

- ANOVA: Ketika pengguna perlu membandingkan rata-rata lebih dari dua grup, modul ANOVA menjadi pilihan yang tepat. Dashboard ini mendukung ANOVA satu arah dan dua arah, memungkinkan analisis pengaruh satu atau dua variabel faktor terhadap variabel respons. Jika hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, pengguna dapat langsung melanjutkan dengan uji post-hoc (seperti Tukey HSD) untuk mengidentifikasi pasangan grup mana yang secara spesifik berbeda.



- **Regresi Linear Berganda:** Untuk memahami hubungan prediktif antar variabel, modul Regresi menyediakan antarmuka yang lengkap. Pengguna dapat memilih satu variabel dependen dan beberapa variabel independen untuk membangun model. Output yang disajikan sangat komprehensif, mencakup ringkasan model (dengan R-squared dan signifikansi koefisien) serta tab khusus untuk plot diagnostik, yang sangat penting untuk mengevaluasi apakah asumsi-asumsi regresi (seperti linearitas dan normalitas residual) terpenuhi.



3.2.7 Fungsionalitas Unduh: Dari Analisis ke Pelaporan

Salah satu fitur unggulan dari dashboard "SAVI" adalah kemampuannya untuk menjembatani antara analisis dan pelaporan. Di setiap modul, pengguna akan menemukan tombol unduh yang fungsional. Berkat integrasi dengan paket officer, flextable, dan openxlsx, pengguna dapat dengan mudah mengeksport:

- **Hasil Analisis:** Tabel statistik dalam format .docx atau .xlsx.

- Visualisasi: Plot dan peta dalam format gambar seperti .jpg.
- Interpretasi: Laporan naratif yang terstruktur dalam format .docx.

Kemampuan ini secara signifikan meningkatkan efisiensi, memastikan bahwa hasil analisis yang interaktif dapat dengan mudah diubah menjadi artefak laporan yang statis dan profesional.

BAB IV PENUTUP

A. SIMPULAN

Proyek pengembangan dashboard SAVI (Sistem Analisis Visualisasi Interaktif) telah berhasil mencapai seluruh tujuan yang telah ditetapkan dan secara efektif menjawab rumusan masalah yang diajukan di awal pengembangan. Platform ini berhasil dibangun menggunakan R Shiny, yang terbukti sebagai teknologi yang sangat efisien dan fleksibel dalam mengembangkan dashboard interaktif untuk keperluan analisis statistik. SAVI tidak hanya menyatukan seluruh alur kerja mulai dari input data mentah, transformasi, analisis, hingga pelaporan akhir, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang intuitif dan terstruktur.

Salah satu pencapaian utama dari proyek ini adalah implementasi metode statistik yang komprehensif, mulai dari analisis deskriptif, uji asumsi, uji hipotesis, regresi linear, hingga analisis multivariat seperti Principal Component Analysis (PCA) dan analisis kluster. Metode-metode tersebut berhasil diintegrasikan dalam satu antarmuka yang mudah digunakan dan dipahami oleh pengguna dari berbagai latar belakang, termasuk non-statistik. Dashboard SAVI juga mampu menggabungkan analisis atribut dan relasional secara bersamaan. Ini dicapai melalui integrasi data SoVI (Social Vulnerability Index) dengan matriks jarak antar wilayah, sehingga pengguna tidak hanya dapat memahami karakteristik masing-masing variabel tetapi juga struktur hubungan antar unit observasi (misalnya, kecamatan atau kabupaten) dalam konteks spasial. Hal ini memperkaya pemahaman analisis secara substantif dan struktural.

Selain itu, visualisasi interaktif dan dinamis yang digunakan dalam SAVI mampu mengatasi keterbatasan dari laporan statistik konvensional yang bersifat statis. Fitur-fitur seperti filter, pemilihan variabel, dan grafik interaktif memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi data secara lebih dalam dan fleksibel, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara lebih baik. Di sisi pelaporan, SAVI juga telah berhasil menyediakan fitur unduh laporan terformat secara otomatis, yang memberikan kemudahan dalam menyusun dokumen akhir dengan tampilan profesional.

Secara keseluruhan, pengembangan SAVI menunjukkan bahwa integrasi penuh antara proses analisis statistik dan visualisasi interaktif dalam satu dashboard tidak hanya memungkinkan secara teknis, tetapi juga memberikan nilai tambah yang besar dalam konteks efisiensi kerja, pemahaman data, dan komunikasi hasil analisis.

B. SARAN

Meskipun SAVI telah memenuhi semua tujuan yang dirancang dan memberikan solusi atas permasalahan yang diidentifikasi, terdapat beberapa rekomendasi pengembangan untuk meningkatkan fungsionalitas dan skalabilitas platform ini di masa mendatang. Mengingat SAVI menggunakan data SoVI dan matriks jarak yang bersifat geografis, maka integrasi dengan metode analisis spasial seperti *Geographically Weighted Regression* (GWR) atau uji *Moran's I* untuk autokorelasi spasial akan sangat bermanfaat. Fitur ini dapat memberikan wawasan baru terhadap pola-pola kerentanan

sosial yang berkaitan langsung dengan lokasi geografis, sehingga memperluas kedalaman analisis spasial yang dapat dilakukan pengguna. Untuk meningkatkan fleksibilitas dalam pelaporan, fitur "Report Builder" dapat dikembangkan. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memilih hasil analisis dari berbagai tab (misalnya, tabel deskriptif, grafik ANOVA, atau hasil regresi) dan menyusunnya ke dalam satu dokumen laporan akhir yang dapat diunduh dalam format PDF atau Word. Hal ini akan sangat membantu dalam menyesuaikan kebutuhan pelaporan untuk berbagai audiens atau tujuan.

Seiring bertambahnya volume data atau banyaknya pengguna, performa aplikasi dapat menurun. Oleh karena itu, optimalisasi performa sangat disarankan, misalnya dengan mengimplementasikan *caching* untuk menyimpan hasil perhitungan yang sering digunakan atau menerapkan pemrosesan data di sisi server menggunakan *DT server-side processing*. Teknik-teknik ini dapat secara signifikan mengurangi waktu pemuatan halaman dan meningkatkan responsivitas aplikasi. Untuk memperluas kemampuan analitik, SAVI dapat ditingkatkan dengan modul machine learning, seperti algoritma klasifikasi (*Logistic Regression*, *Random Forest*) untuk memprediksi tingkat kerentanan wilayah atau algoritma kluster lanjutan (*DBSCAN*, *Gaussian Mixture Model*) untuk mengidentifikasi pola tersembunyi di dalam data. Fitur ini akan membuka ruang bagi analisis prediktif dan pengambilan keputusan yang lebih data-driven.

Selain pengembangan fitur teknis, peningkatan dokumentasi pengguna juga penting. Menyediakan petunjuk penggunaan (user guide), dokumentasi analisis, serta tutorial interaktif akan meningkatkan aksesibilitas aplikasi, khususnya bagi pengguna baru atau yang belum familiar dengan metode statistik.

Dengan pengembangan-pengembangan tersebut, SAVI berpotensi menjadi platform analisis statistik yang tidak hanya kuat secara teknis, tetapi juga inklusif, adaptif, dan berkelanjutan dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data di berbagai sektor.