

BAB 4

ANALISIS PEMODELAN

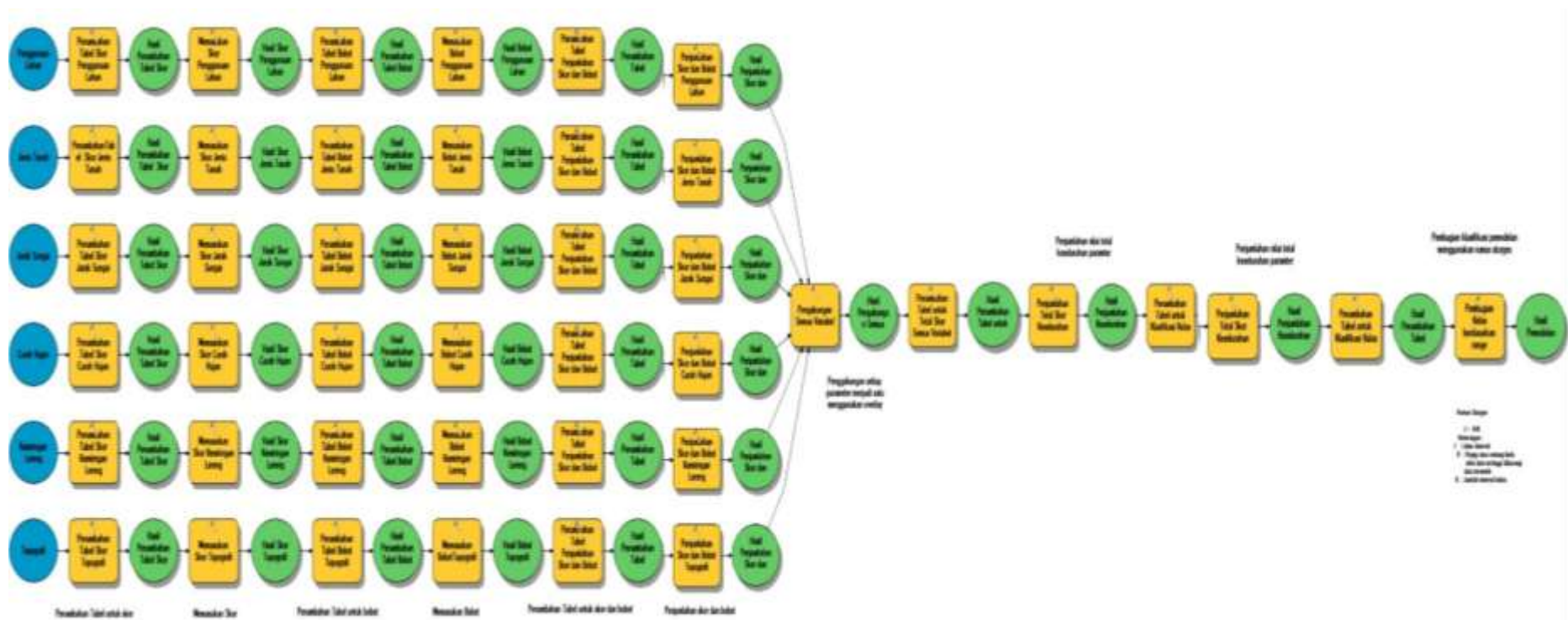
Penyusunan model genangan banjir selanjutnya dilakukan dengan memanfaatkan fitur *ModelBuilder* pada perangkat lunak ArcGIS. Fitur ini digunakan karena mampu menyusun tahapan analisis spasial secara sistematis dan terstruktur. Variabel yang digunakan dalam pemodelan meliputi curah hujan, jarak dari sungai (*buffer* sungai), kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, serta topografi. Keenam parameter tersebut dipilih karena memiliki keterkaitan erat dengan dinamika banjir, baik dari aspek iklim, maupun aktivitas manusia.

Setiap parameter diberikan skor dengan rentang nilai satu (1) untuk kategori terendah hingga lima (5) untuk kategori tertinggi. Pemberian skor ini didasarkan pada tingkat pengaruh masing-masing parameter terhadap potensi banjir. Setelah proses skoring selesai, dilakukan tahapan tumpang tindih (*overlay*) menggunakan *tools Union* pada ArcGIS. Hasil *overlay* menghasilkan peta komposit yang menggambarkan tingkat kerentanan wilayah terhadap genangan banjir, sehingga menjadi dasar penting dalam memahami kondisi eksisting sekaligus merumuskan strategi mitigasi di DAS Kaligung.

4.1 Analisis Simulasi Model Banjir DAS Kaligung

Pembuatan model genangan banjir dilakukan dengan memanfaatkan fitur *ModelBuilder* pada perangkat lunak ArcGIS. Fitur ini dipilih karena mampu menyusun alur analisis secara sistematis dan mempermudah integrasi berbagai parameter spasial. Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan mencakup curah hujan, jarak sungai (*buffer* sungai), kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, dan topografi. Variabel-variabel tersebut dipilih karena memiliki pengaruh signifikan terhadap proses terjadinya genangan banjir, baik dalam mengatur aliran permukaan, infiltrasi, maupun kapasitas air penggunaan lahan.

Keenam parameter kemudian diberi nilai skor dengan rentang 1 hingga 5, di mana skor 1 merepresentasikan kategori terendah dan skor 5 kategori tertinggi, sesuai dengan tingkat potensi banjir. Proses skoring ini menjadi dasar untuk menentukan kontribusi relatif masing-masing variabel. Selanjutnya, seluruh parameter digabungkan melalui proses tumpang tindih (*overlay*) menggunakan *tools Union*.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 1.Pemodelan Genangan Banjir

ModelBuilder digunakan sebagai sarana untuk menyusun pemodelan genangan banjir pada perangkat lunak ArcGIS. Proses ini dilakukan dengan cara mengintegrasikan enam parameter utama yang menjadi faktor penyebab banjir. Keenam parameter tersebut, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, jarak sungai, topografi, jenis tanah, penggunaan lahan yang digabungkan melalui tahapan *overlay*, sehingga menghasilkan satu layer yang mampu merepresentasikan seluruh variabel yang dianalisis secara menyeluruh. Setelah proses *overlay* selesai, langkah berikutnya adalah penambahan atribut pada **Tabel 2.1. Skoring dan Bobot Variabel** yang berfungsi untuk menghitung sekaligus menjumlahkan skor yang dapat dilihat pada dari masing-masing parameter. Nilai skor tersebut menggambarkan tingkat kontribusi setiap parameter terhadap potensi terjadinya banjir. Penjumlahan skor pada setiap unit spasial menghasilkan nilai total skor, yang kemudian dijadikan dasar dalam proses klasifikasi tingkat genangan banjir.

Tahap terakhir dari proses *ModelBuilder* adalah pembagian kelas sesuai dengan hasil klasifikasi yang telah ditetapkan. Kategori klasifikasi yang digunakan meliputi sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 4.1 Hasil Pembagian Kelas**. Keunggulan penggunaan *ModelBuilder* dalam penelitian ini adalah seluruh tahapan analisis dapat terdokumentasi dengan baik, tersusun lebih sistematis, serta memudahkan dalam proses replikasi apabila analisis perlu dilakukan kembali di lokasi atau periode waktu yang berbeda. Selain itu, *ModelBuilder* juga meningkatkan efisiensi karena seluruh rangkaian analisis dapat dijalankan secara otomatis tanpa harus mengulangi perintah satu per satu, sehingga hasil yang diperoleh menjadi lebih cepat, konsisten, dan akurat.

Selain itu, *ModelBuilder* memberikan keuntungan signifikan dari sisi efisiensi waktu dan konsistensi hasil. Seluruh rangkaian analisis dapat dijalankan secara otomatis hanya dengan sekali klik, tanpa harus mengulang perintah manual satu per satu. Hal ini tidak hanya mempercepat proses pemodelan, tetapi juga mengurangi risiko kesalahan manusia (*human error*) yang mungkin terjadi dalam pengolahan data secara manual. Dengan demikian, hasil yang diperoleh menjadi lebih cepat, konsisten, dan akurat. *ModelBuilder* juga mendukung prinsip transparansi penelitian, karena setiap tahapan dapat ditelusuri kembali (*traceable*) dan diperiksa keabsahannya. Apabila ditemukan kesalahan atau diperlukan pembaruan data, peneliti dapat dengan mudah melakukan perbaikan pada bagian tertentu tanpa harus mengulang keseluruhan analisis.

Proses selanjutnya melakukan penambahan atribut tabel untuk bobot berdasarkan setiap parameter yang ada, bobot ini ditentukan berdasarkan kajian literatur, referensi terdahulu, serta karakteristik dan kondisi wilayah. Parameter yang ada di klasifikasikan ke dalam 5 kelas, dengan rentang skor 1 sampai 5, nilai 1 merupakan skor terendah sedangkan nilai 5 merupakan skor tertinggi dalam penentuan banjir. Klasifikasi dan pemberian skor disusun berdasarkan kajian literatur yang ada sebelumnya. Berikut merupakan pembagian skor dan bobot setiap parameter.

Langkah selanjutnya yaitu penjumlahan skor dan bobot untuk semua parameter dengan menggunakan *tools field calculator*, rumus yang digunakan dalam penelitian ini dimodifikasi berdasarkan pada penelitian (Rakuasa, Helwend, dan Sihasale 2022) yakni sebagai berikut:

$$\text{Genangan Banjir} = (CH \times 15) + (JS \times 20) + (KL \times 10) + (PL \times 25) + (JT \times 10) + (KL \times 20)$$

Keterangan :

- CH : Curah Hujan
- JS : Jarak Sungai
- KL : Kemiringan Lereng
- PL : Penggunaan Lahan
- JT : Jenis Tanah
- KL : Kemiringan Lereng

Setelah didapatkan semua total skor dari setiap parameter yang ada, kemudian dilakukan pembagian kelas menjadi yang terbagi menjadi empat (5) kelas banjir, yaitu Sangat Tinggi, Tinggi, Sedang, Rendah, Sangat Rendah. Kelas ini didapatkan dengan menggunakan rumus sturges sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{K}$$

Keterangan :

- I : Lebar interval
- R : Range atau rentang beda nilai data tertinggi dikurangi data terendah
- K : Jumlah interval kelas

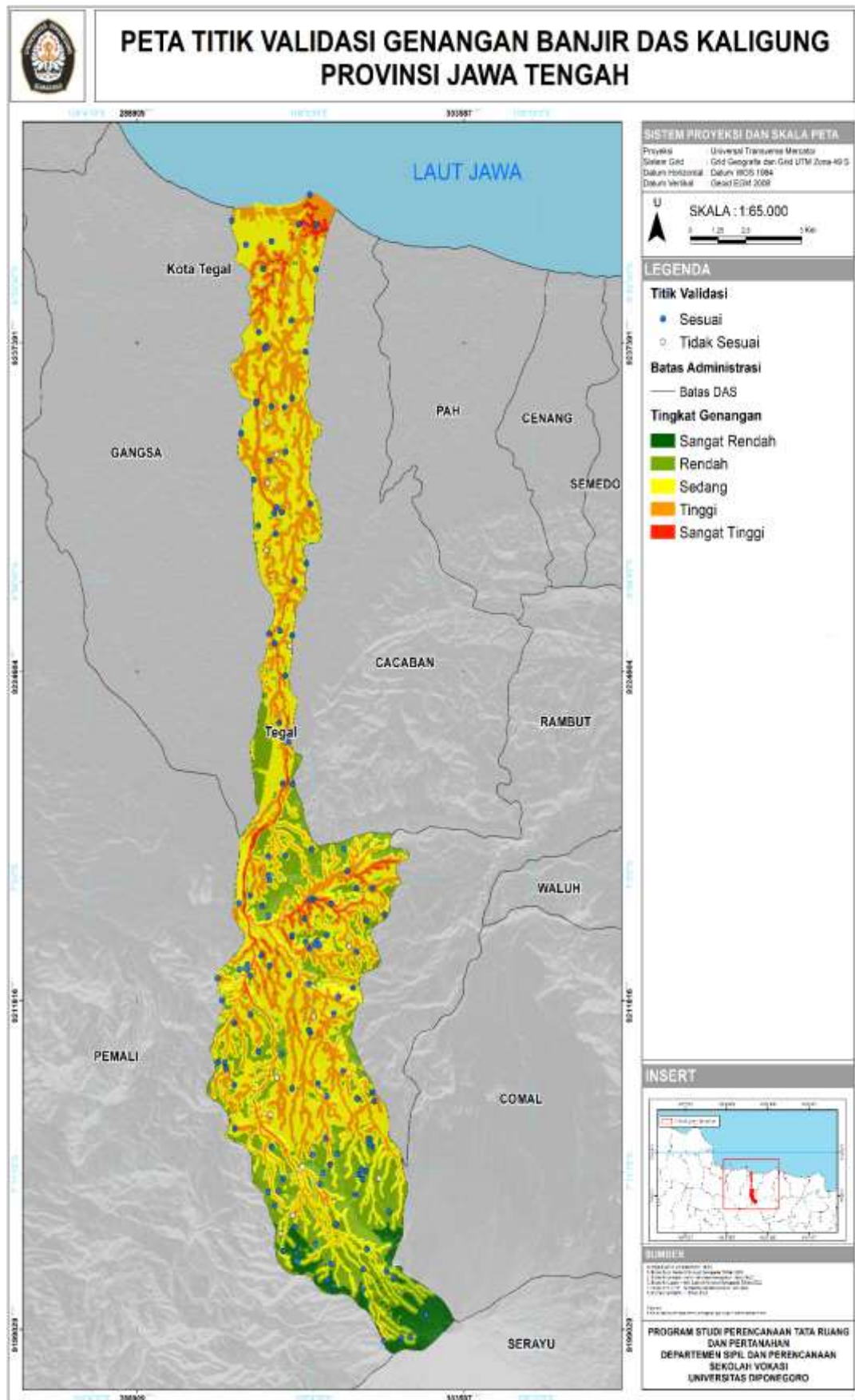
Dari hasil pembagian kelas dengan menggunakan rumus sturges didapatkan 5 kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi, dimana nilai tertinggi yaitu 4,90 dan terendah yaitu 1,15.

4.2 Analisis Validasi Model Banjir DAS Kaligung

Validasi model banjir merupakan tahapan penting untuk memastikan bahwa hasil pemodelan yang diperoleh benar-benar mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Validasi dilakukan dengan tujuan mengukur tingkat keakuratan model dalam merepresentasikan pola genangan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam perencanaan penanggulangan banjir. Dua teknik utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *overall accuracy* dan *kappa accuracy*. *Overall accuracy* dihitung dengan cara membandingkan jumlah sampel yang terklasifikasi dengan benar terhadap jumlah total sampel, sehingga menghasilkan nilai persentase keakuratan model secara keseluruhan. Semakin tinggi nilai *overall accuracy*, semakin baik tingkat kesesuaian model terhadap kondisi nyata.

Selain itu, analisis *kappa accuracy* digunakan untuk memberikan ukuran kesesuaian yang lebih komprehensif. Teknik ini membandingkan kesesuaian aktual pada diagonal utama matriks kesalahan dengan kesesuaian yang mungkin terjadi secara kebetulan, sehingga mampu menggambarkan reliabilitas model lebih objektif. Perhitungan kappa tidak hanya menilai kesesuaian yang benar, tetapi juga memperhitungkan distribusi kelas dalam tabel *confusion matrix*. Dengan demikian, *kappa accuracy* memberikan informasi tambahan yang tidak dapat ditangkap oleh *overall accuracy*, terutama terkait distribusi sebaran data pada setiap kategori genangan banjir.

Proses validasi dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan peta hasil pemodelan banjir dengan data lapangan yang diperoleh dari 150 titik survei di wilayah DAS Kaligung. Titik-titik tersebut tersebar merata untuk merepresentasikan variasi kondisi fisik wilayah, sehingga mampu memberikan dasar pembandingan yang kuat. Hasil validasi kemudian dituangkan dalam bentuk peta titik validasi serta tabel *confusion matrix*, yang tidak hanya menampilkan nilai akurasi, tetapi juga memberikan gambaran visual dan kuantitatif mengenai kesesuaian model dengan kenyataan di lapangan.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 2. Peta Titik Validasi DAS Kaligung

Tabel 4. 2. Confusion Matrix Pemodelan Genangan Banjir

Pemodelan Banjir	Hasil Pemodelan					Total	User Accuracy (%)
	Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat Rendah		
Sangat Tinggi	3	0	0	0	0	3	100
Tinggi	0	39	4	1	0	44	88
Sedang	0	4	66	2	0	72	91
Rendah	0	1	2	24	0	27	88
Sangat Rendah	0	0	0	0	4	4	100
Jumlah	3	44	72	27	4	150	Overall Accuracy (%)
Producer Accuracy (%)	100	88	91	88	100		85%

Sumber: Hasil Analisis, 2025

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum(\sum D_i \times N) - \sum(R_i \times C_i)}{N^2 - \sum(R_i \times C_i)} \\
 &= \frac{(136 \times 150) - 7874}{(150^2) - 7874} \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel perhitungan yang telah dilakukan, hasil uji akurasi menggunakan teknik overall accuracy menunjukkan nilai yang sangat baik, yaitu sebesar 85%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sebagian besar data sampel yang diuji sesuai dengan hasil pemodelan genangan banjir yang telah dilakukan. Dengan kata lain, dari keseluruhan data validasi yang digunakan, terdapat proporsi besar sampel yang berhasil diprediksi dengan tepat oleh model.

Selain itu, hasil uji akurasi dengan menggunakan teknik koefisien kappa menghasilkan nilai 0,85. Angka tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian yang kuat antara hasil pemodelan dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Nilai kappa di atas 0,80 umumnya dikategorikan memiliki kesesuaian yang tinggi, sehingga model yang dibangun dapat dianggap handal dalam merepresentasikan fenomena genangan banjir. Secara metodologis, *overall accuracy* hanya menekankan pada jumlah prediksi benar dibandingkan total sampel, sedangkan koefisien kappa memberikan penilaian yang lebih mendalam dengan mempertimbangkan kemungkinan kesesuaian yang terjadi secara kebetulan. Oleh karena itu, penggunaan kedua teknik ini saling melengkapi untuk memberikan gambaran tingkat akurasi model yang lebih komprehensif.

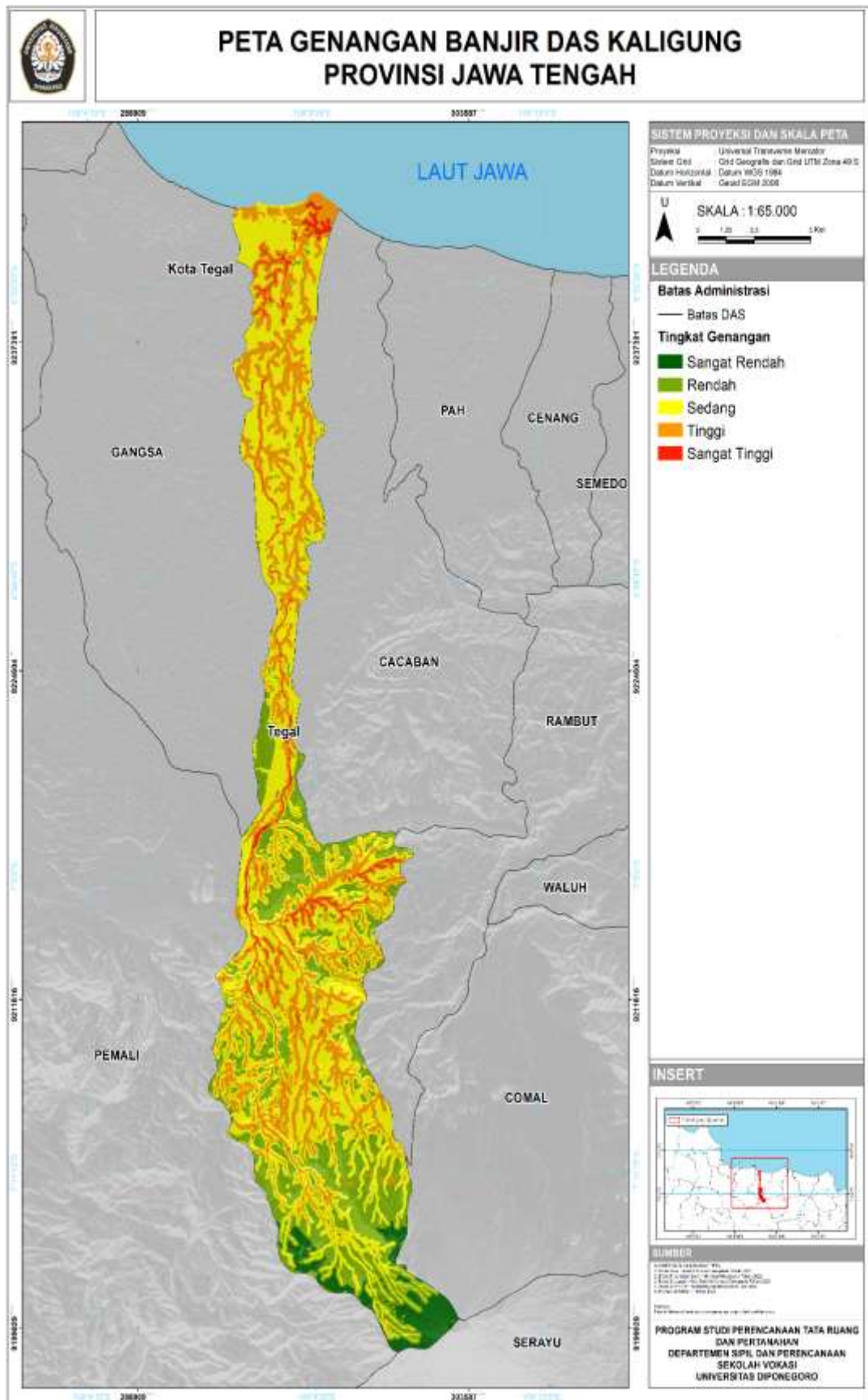
Berdasarkan kedua hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemodelan genangan banjir yang dilakukan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dan dapat diandalkan. Nilai *overall accuracy* sebesar 85% dan koefisien kappa sebesar 0,85 menunjukkan bahwa model mampu memprediksi kondisi genangan banjir dengan baik, serta selaras dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

4.3 Pengembangan Model Banjir DAS Kaligung

Analisis pengembangan pemodelan genangan banjir yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi secara detail area yang mengalami genangan di sekitar DAS Kaligung. Proses analisis ini dilakukan dengan mengolah data dari berbagai parameter penyebab banjir yang telah melalui tahap skoring, pembobotan, serta *overlay*. Dari hasil pemetaan yang diperoleh, didapatkan terdapat pembagian ke dalam lima (5) klasifikasi tingkat genangan, yaitu kelas sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Pembagian kelas ini ditentukan berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Sturges, yang berfungsi untuk menentukan jumlah interval atau kelas dalam distribusi data secara statistik. Penggunaan metode ini, berfungsi untuk hasil klasifikasi agar lebih terukur dan memiliki dasar kuantitatif yang jelas.

Masing-masing kelas merepresentasikan tingkat genangan banjir yang berbeda sesuai dengan karakteristik biofisik maupun penggunaan lahan di wilayah. Kelas sangat rendah menggambarkan daerah dengan potensi genangan yang hampir tidak signifikan. Wilayah ini umumnya berada pada kawasan dengan topografi curam, tutupan vegetasi rapat, serta jenis tanah yang memiliki kemampuan infiltrasi tinggi, sehingga air hujan lebih banyak meresap ke dalam tanah dibandingkan mengalir di permukaan. Kelas rendah menunjukkan daerah yang masih relatif aman dari potensi banjir, tetapi tidak sepenuhnya bebas dari genangan. Pada kondisi curah hujan ekstrem atau durasi hujan panjang, wilayah dengan kelas rendah tetap berpotensi mengalami genangan ringan, meskipun dalam intensitas dan durasi yang terbatas.

Kelas sedang berpotensi banjir lebih tinggi dibandingkan dua kelas sebelumnya, terutama ketika sistem drainase tidak optimal. Kelas tinggi menandakan wilayah dengan potensi banjir signifikan, yang sebagian besar berada pada kawasan dataran rendah, permukiman padat, serta wilayah pesisir dengan tambahan terhadap genangan rob. Faktor penggunaan lahan yang terbangun padat, kapasitas drainase terbatas, serta akumulasi aliran dari bagian hulu membuat kawasan dengan kelas tinggi menjadi prioritas dalam upaya mitigasi bencana banjir.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 3. Peta Genangan Banjir DAS Kaligung

Pada hasil peta di atas, kelas Sangat Tinggi paling banyak tersebar di bagian hilir DAS, terutama di kawasan Kota Tegal, Kecamatan Tegal Timur, di mana wilayah ini secara keseluruhan merupakan dataran rendah, berdekatan langsung dengan aliran sungai, serta memiliki penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman padat dan kawasan industri. Kondisi ini diperparah dengan minimnya ruang terbuka hijau dan sistem drainase yang kurang baik. Kawasan hilir ini juga berdekatan dengan wilayah pesisir, sehingga berpotensi terdampak banjir rob apabila hujan deras terjadi bersamaan dengan pasang laut. Zona ini menjadi lokasi prioritas dalam upaya mitigasi bencana banjir, baik melalui penataan ulang pemanfaatan ruang, penguatan infrastruktur pengendali banjir, maupun pengembangan sistem peringatan dini berbasis komunitas.

Sebaliknya, pada bagian hulu DAS, yang berada di wilayah selatan seperti Kecamatan Bumijawa dan sekitarnya, didominasi dengan kelas Rendah hingga Sangat Rendah. Wilayah ini memiliki kontur berbukit dengan elevasi tinggi, serta tutupan vegetasi alami yang masih relatif banyak, seperti hutan, kebun campuran, dan tegalan. Fungsi ekosistem di kawasan hulu ini sangat penting dalam menahan laju air hujan, meningkatkan infiltrasi, serta memperlambat aliran menuju hilir. Hal ini menjadikan wilayah hulu sebagai area konservasi strategis yang perlu dijaga untuk menjaga keseimbangan DAS.

Kelas Sedang hingga Tinggi pada umumnya berada di bagian tengah DAS, hal ini dikarenakan wilayah ini merupakan, wilayah peralihan antara lereng dan dataran. Pada wilayah ini, pola penggunaan lahan cenderung campuran antara sawah, ladang, dan permukiman semi-urban. Meskipun tidak sepadat wilayah hilir, wilayah ini tetap memiliki potensi genangan, khususnya ketika aliran dari hulu meningkat dan drainase setempat tidak mampu menampung limpasan air. Untuk mengetahui seberapa luasan klasifikasi setiap kelas, maka dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3. Luasan Genangan Banjir DAS Kaligung

Klasifikasi	Luasan (Ha)	Presentase (%)
Sangat Rendah	715,72	3,88
Rendah	3.945,31	21,37
Sedang	8.506,70	46,08
Tinggi	4.904,23	26,56
Sangat Tinggi	389,90	2,11

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan data luasan hasil pemodelan genangan banjir di DAS Kaligung, diperoleh lima kelas yaitu Sangat Rendah, Rendah, Sedang, Tinggi, dan Sangat Tinggi. Kelas dengan luasan paling dominan adalah kelas Sedang seluas 8.506,70 Ha, diikuti oleh kelas Tinggi seluas 4.490,23 Ha dan kelas Rendah seluas 3.945,31 Ha. Sementara itu, kelas Sangat Rendah dan Sangat Tinggi memiliki luasan yang relatif kecil yaitu masing-masing 715,72 Ha dan 389,90 Ha. Persebaran ini menunjukkan bahwa wilayah dengan kelas tinggi hingga sangat tinggi paling dominan berada di wilayah dengan dataran rendah dan padat penduduk seperti Kota Tegal dan sekitarnya, hal ini menjadikan wilayah ini tinggi akan terjadi genangan. Hal ini juga diakibatkan rendahnya kapasitas infiltrasi dan tingginya laju limpasan permukaan. Sebaliknya, wilayah hulu dan hilir yang memiliki kondisi topografi lebih curam dan vegetasi lebih baik, wilayah ini lebih dominan dengan klasifikasi kelas rendah hingga sangat rendah. Hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah DAS Kaligung berada dalam tingkat sedang hingga tinggi terhadap genangan banjir.