

## **PROYEKSI TINGKAT BAHAYA BANJIR BERDASARKAN SKENARIO POLA RUANG: ANALISIS SPASIAL DI KOTA BENGKULU (2025–2041)**

**Aria Panji Anugerah<sup>1\*</sup>, Cannavaro Vincenzo Richardo Pattiasina<sup>2</sup>, Handika Dwi Satria<sup>3</sup>**

<sup>1 2 3</sup> Institut Teknologi Bandung, Indonesia

\*e-mail korespondensi: [ariapanji37@gmail.com](mailto:ariapanji37@gmail.com)

---

**Abstract:** Flooding is a frequent hydrometeorological disaster affecting urban areas in Indonesia, including Bengkulu City, where rapid urbanization and land use conversion act as primary triggers. This study aims to analyze changes in flood hazard levels in Bengkulu City by comparing the existing baseline conditions in 2025 with the projected conditions in 2041. The research employs a quantitative approach using spatial analysis based on Geographic Information Systems (GIS). The analysis integrates scoring and overlay techniques applied to six physical parameters: elevation, slope, rainfall, soil type, drainage density, and land use. The land use variable was adjusted according to the Bengkulu City Spatial Plan for 2021–2041. The results indicate that most areas of Bengkulu City currently fall within moderate to high flood hazard levels. By the 2041 projection, the extent of the high-hazard class significantly increases from 40.4% to 49.3%, particularly in the Selebar, Kampung Melayu, and Sungai Serut districts, which experience massive expansion of built-up areas. These findings emphasize that land cover changes driven by urban development crucially impact the expansion of flood hazard zones. Consequently, local governments need to implement structural mitigation based on the Sponge City concept and tighten spatial utilization monitoring. Given the limitations of spatial modeling in simulating actual fluid dynamics, future studies are recommended to integrate numerical hydrodynamic models like HEC-RAS for more precise estimations related to inundation depth and flow velocity.

**Keywords:** Flood; Spatial Analysis; Geographic Information Systems; Land Use Change; Bengkulu City.

**Abstrak:** Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering melanda wilayah perkotaan di Indonesia, termasuk Kota Bengkulu, di mana laju urbanisasi dan alih fungsi lahan menjadi pemicu utamanya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tingkat ancaman bahaya banjir di Kota Bengkulu dengan membandingkan kondisi eksisting tahun 2025 (baseline) dan kondisi proyeksi tahun 2041. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan menggunakan teknik pembobotan (scoring) dan tumpang susun (overlay) terhadap enam parameter fisik, yakni elevasi, kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, kerapatan sungai, dan penggunaan lahan. Variabel penggunaan lahan disesuaikan dengan skenario Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu Tahun 2021–2041. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Bengkulu berada pada tingkat ancaman banjir sedang dan tinggi. Pada proyeksi tahun 2041, luasan kelas bahaya tinggi mengalami peningkatan yang signifikan dari 40,4% menjadi 49,3%, terutama di Kecamatan Selebar, Kampung Melayu, dan Sungai Serut yang mengalami ekspansi kawasan terbangun paling masif. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan tutupan lahan akibat pembangunan kota berdampak krusial terhadap perluasan zona bahaya banjir. Sebagai implikasi, pemerintah daerah perlu mengimplementasikan mitigasi struktural berbasis konsep Kota Spons dan memperketat pengawasan pemanfaatan ruang. Mengingat pemodelan spasial ini memiliki keterbatasan karena tidak mensimulasikan dinamika pergerakan air secara nyata, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan model hidrodinamika numerik seperti HEC-RAS guna memperoleh estimasi yang lebih presisi.

---

**Kata Kunci:** Banjir; Analisis Spasial; Sistem Informasi Geografis; Perubahan Penggunaan Lahan; Kota Bengkulu.

Copyright (c) 2025 The Authors. This is an open-access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

---

## PENDAHULUAN

Lokasi geografis Indonesia sangat rentan dalam menghadapi bencana alam. Berdasarkan rilis laporan pada World Risk Report Tahun 2025, Indonesia merupakan negara peringkat ketiga dengan risiko bencana tertinggi di dunia dari total 193 negara (Bündnis Entwicklung Hilft, 2025). Laporan tersebut menggarisbawahi bencana hidrometeorologi dan geologi sebagai ancaman dominan. Secara definisi, bencana hidrometeorologi merupakan fenomena yang dipicu oleh gangguan keseimbangan iklim, proses hidrologi, serta degradasi kondisi lingkungan permukaan bumi (Hermon, 2012). Salah satu jenis bencana hidrometeorologi yang seringkali terjadi di Indonesia yaitu bencana banjir.

Di antara berbagai jenis bencana hidrometeorologi, banjir menempati urutan teratas dalam frekuensi kejadian di Indonesia. Mengacu pada infografis bencana tahun 2025, banjir terjadi sebanyak 1.652 kejadian (BNPB, 2025a). Tingginya peristiwa tersebut menunjukkan bahwa banjir masih menjadi permasalahan serius dan berulang di Indonesia, terutama sebagai dampak dari kombinasi faktor hidrometeorologi dan berbagai faktor lainnya yang meningkatkan frekuensi bencana banjir, baik karena aktivitas alam ataupun manusia. Secara spesifik, dinamika konversi lahan akibat urbanisasi terbukti menjadi variabel kunci yang meningkatkan ancaman banjir. Transformasi lahan vegetasi menjadi area terbangun (impermeabel) secara teoritis meningkatkan koefisien limpasan permukaan (*surface runoff coefficient*) (Suripin, 2004). Hal ini mereduksi kapasitas infiltrasi tanah secara signifikan, sehingga volume air hujan yang seharusnya terserap justru membebani sistem drainase dan memicu luapan debit, sebagaimana dikonfirmasi secara empiris oleh studi Feng dkk (2021).

Kota Bengkulu menunjukkan tingkat keterpaparan yang tinggi terhadap bencana banjir. Hal ini tercermin dari Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) Provinsi Bengkulu tahun 2024 yang berada pada kelas risiko tinggi, serta skor indeks risiko banjir Kota Bengkulu yang juga dikategorikan tinggi (BNPB, 2025b). Historis kejadian banjir yang berulang dengan dampak kerusakan infrastruktur yang luas menegaskan kerentanan wilayah ini. Kondisi ini diproyeksikan akan semakin kompleks seiring dengan implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang menargetkan pengembangan kawasan budidaya hingga tahun 2041. Rencana pembangunan fisik kota yang termuat dalam dokumen RTRW berpotensi mengubah karakteristik hidrologis daerah tangkapan air jika tidak diantisipasi dengan analisa yang tepat.

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode tumpang susun (*overlay*) dan pembobotan (*scoring*) telah menjadi pendekatan standar dalam berbagai studi pemetaan kerawanan

banjir di Indonesia. Sejumlah penelitian terdahulu telah berhasil memetakan zonasi banjir pada kondisi eksisting, seperti yang dilakukan oleh Matondang dkk (2013) di Kota Kendal, Kusumo & Nursari (2016) di DAS Cidurian Banten, Darmawan dkk (2017) di Kabupaten Sampang, serta Aziza dkk (2021) di Kota Bontang. Meskipun demikian, mayoritas studi tersebut cenderung bersifat evaluatif, yakni hanya menggambarkan kondisi kerawanan pada saat penelitian berlangsung berdasarkan penggunaan lahan yang sudah ada (*existing land use*). Belum banyak literatur yang mengeksplorasi dimensi temporal dengan memproyeksikan dinamika ancaman banjir di masa depan sebagai implikasi dari realisasi kebijakan tata ruang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi *gap* tersebut dengan menawarkan analisis prediktif ancaman banjir di Kota Bengkulu, yang secara spesifik membandingkan kondisi *baseline* tahun 2025 dengan skenario tahun 2041 berdasarkan perubahan penggunaan lahan dalam RTRW Kota Bengkulu Tahun 2021-2041.

## METODE

Penelitian ini mencakup seluruh wilayah administrasi Kota Bengkulu yang terdiri dari sembilan kecamatan. Pendekatan yang diterapkan adalah kuantitatif dengan metode analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Proses analisis utama dilakukan melalui teknik tumpang susun (*overlay*) dan pembobotan (*scoring*) untuk memetakan tingkat kerawanan banjir secara spasial. Penentuan zona ancaman banjir didasarkan pada integrasi enam variabel fisik lingkungan yang berpengaruh terhadap potensi genangan di wilayah perkotaan, yaitu ketinggian wilayah (elevasi), kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, kerapatan sungai, dan penggunaan lahan. Penentuan bobot dan skor untuk masing-masing variabel mengacu pada parameter standar dari studi literatur terdahulu yang dilakukan oleh Matondang dkk (2013), Kusumo & Nursari (2016), Darmawan dkk (2017), dan Aziza dkk (2021).

Analisis temporal untuk membandingkan tahun 2025 dan 2041 hanya menggunakan penggunaan lahan (berdasarkan RTRW 2021–2041) sebagai variabel dinamis. Pendekatan ini bertujuan memfokuskan pengukuran pada implikasi kebijakan tata ruang terhadap ancaman banjir tanpa bias dari faktor lain. Variabel fisik seperti topografi dan curah hujan diasumsikan tetap (statis). Hal ini didukung oleh kajian Bappenas (2018) yang memprediksi bahwa perubahan curah hujan di Bengkulu hingga tahun 2045 tidak akan signifikan mengubah interval skor kerawanan saat ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### A. Hasil Klasifikasi Variabel Ketinggian Wilayah (Elevasi)

Air mengalir mengikuti gravitasi yang dipengaruhi oleh elevasi suatu lokasi, oleh karena itu daerah yang berada pada dataran rendah cenderung akan menjadi lokasi berkumpulnya air, sehingga akan lebih rentan terjadinya genangan atau banjir (Darmawan et al., 2017). Adapun klasifikasi dan



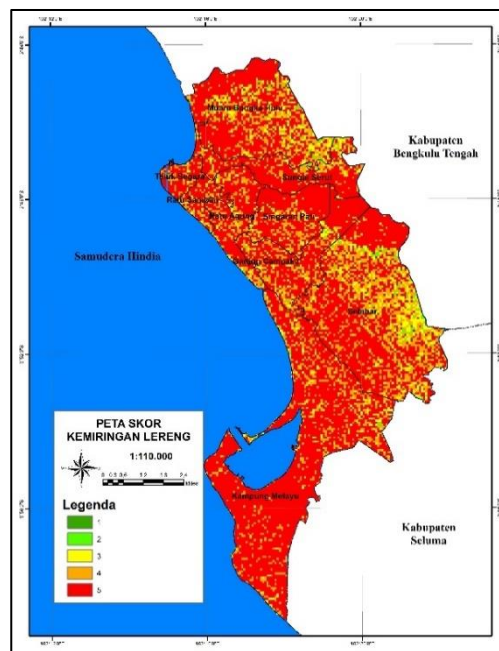
longsor. Analisis dilakukan menggunakan SIG terhadap data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) untuk menghasilkan gambaran kemiringan lereng. Adapun skoring dan klasifikasi kemiringan lereng dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 2. Klasifikasi dan Skor Kemiringan Lereng

| Klasifikasi | Skor | Bobot |
|-------------|------|-------|
| 0-8 %       | 5    | 0,20  |
| 8-15%       | 4    |       |
| 15-25%      | 3    |       |
| 25-45%      | 2    |       |
| >45%        | 1    |       |

Sumber: (Kusumo & Nursari, 2016)

Bentuk topografi Kota Bengkulu didominasi dengan dataran yang landai dengan tingkat kemiringan 0-8%. Kondisi ini dikaitkan dengan skoring parameter kemiringan lereng pada **Tabel 2**, maka Kota Bengkulu semakin mungkin terjadi genangan sehingga semakin tinggi skornya, dan sebaliknya jika semakin curam wilayahnya maka akan mengurangi kemungkinan terjadinya genangan dan semakin rendah skornya.



Gambar 2. Peta Skor Kemiringan Lereng

### C. Hasil Klasifikasi Variabel Curah Hujan

Hujan merupakan sumber dari banjir yang terjadi, oleh karena itu intensitas curah hujan menjadi faktor penting dalam analisis bahaya banjir. Secara umum, hujan dengan intensitas tinggi dapat memicu banjir karena volume air yang masuk dan mengalir menuju sungai menjadi jauh lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Gracia, dkk (2023), bahwa luasan genangan banjir sangat berkorelasi dengan intensitas curah hujan, hal ini menunjukkan bahwa parameter curah

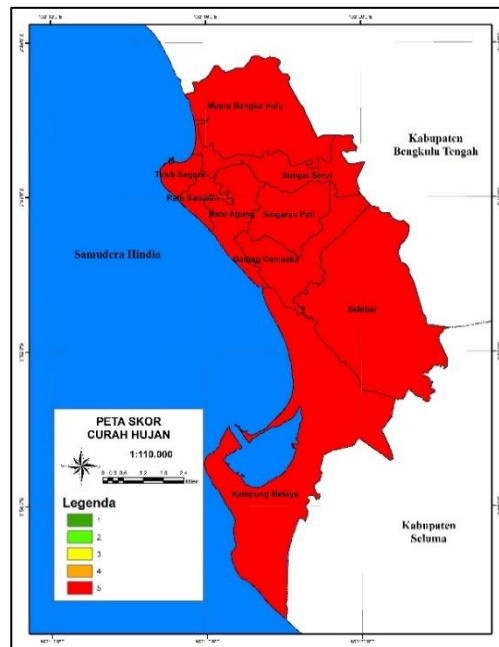
hujan menjadi variabel penting dalam analisis bahaya banjir. Adapun pembagian klasifikasi dan skoring parameter curah hujan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Klasifikasi dan Skor Curah Hujan

| Klasifikasi            | Skor | Bobot |
|------------------------|------|-------|
| >2.500 mm/tahun        | 5    | 0,15  |
| 2.001 – 2.500 mm/tahun | 4    |       |
| 1.501 – 2.000 mm/tahun | 3    |       |
| 1.000 – 1.500 mm/tahun | 2    |       |
| <1.000 mm/tahun        | 1    |       |

Sumber: (Kusumo & Nursari, 2016)

Intensitas curah hujan di Kota Bengkulu merujuk data BPS (2025) pada menunjukkan bahwa total curah hujan dalam setahun di Kota Bengkulu lebih dari 3.000 mm, yang dimana hal tersebut apabila mengacu pada **Tabel 3** klasifikasi dan skoring curah hujan untuk parameter ancaman banjir diberi skor 5 (lima). Kondisi ini mencerminkan bahwa Kota Bengkulu memiliki karakteristik iklim yang basah dengan frekuensi dan volume hujan yang besar sepanjang tahun. Curah hujan yang tinggi tersebut berpotensi memperbesar risiko banjir karena tingginya volume air yang masuk ke permukaan tanah dan mengalir menuju jaringan sungai. Ketika kapasitas sungai atau sistem drainase tidak mampu menampung aliran air yang meningkat secara cepat, limpasan permukaan akan bertambah dan menyebabkan genangan hingga banjir.



Gambar 3. Peta Skor Curah Hujan

#### D. Hasil Klasifikasi dan Skor Variabel Jenis Tanah

Berbagai jenis tanah memiliki karakteristik yang berbeda dan memiliki pengaruh terhadap kemampuannya dalam melakukan proses infiltrasi air. Secara fisik, infiltrasi dipengaruhi oleh

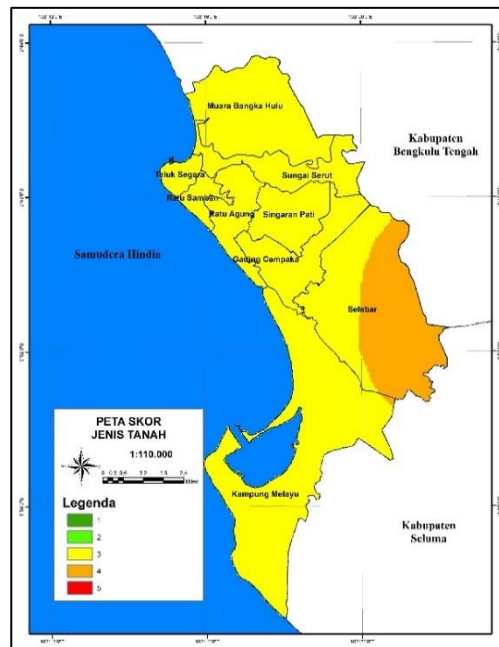
sejumlah faktor seperti jenis tanah, tingkat kepadatan, kondisi kelembapan, serta keberadaan vegetasi (Harto, 1996). Semakin tinggi permeabilitas tanah, maka semakin rendah risiko banjir, sedangkan apabila tanah memiliki tingkat permeabilitas rendah, justru meningkatkan potensi terjadinya banjir (Matondang et al., 2013). Adapun klasifikasi dan skoring pada parameter jenis tanah untuk analisis bahaya banjir dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Klasifikasi dan Skor Jenis Tanah

| Klasifikasi                  | Skor | Bobot |
|------------------------------|------|-------|
| Acrisol – Infiltrasi Rendah  | 4    | 0,20  |
| Fluvisol – Infiltrasi Sedang | 3    |       |

Sumber: (Aziza et al., 2021; USDA, 2009)

Persebaran jenis tanah di Kota Bengkulu didapatkan dari data yang dirilis oleh Food and Agriculture Organization/FAO (1979), sebagai dasar dari pemetaan jenis tanah di seluruh dunia. Jenis tanah yang membentuk Kota Bengkulu yaitu Acrisol dan Fluvisol, yang keduanya memiliki karakteristik berbeda, terutama dalam melakukan penyerapan air atau infiltrasi. Berdasarkan pengklasifikasian jenis tanah sesuai dengan karakteristik kemampuan untuk infiltrasi air terhadap ancaman bahaya banjir pada **Tabel 4**, jenis tanah Fluvisol menyerap air secara moderat dan memiliki skor 3, sedangkan jenis tanah Acrisol memiliki kemampuan infiltrasi air yang rendah, sehingga memiliki skor 4 dan lebih mengancam untuk terjadinya genangan air.



Gambar 4. Peta Skor Jenis Tanah

#### E. Hasil Klasifikasi dan Skoring Variabel Kerapatan Sungai

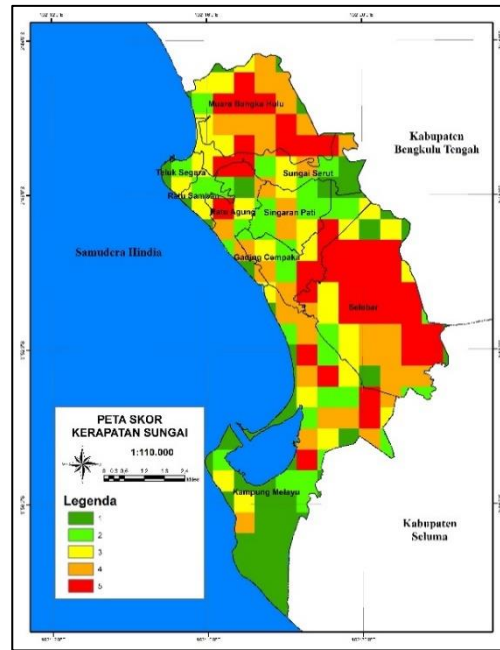
Kerapatan sungai merupakan rasio panjang total sungai di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap luas wilayah penyumbangannya (Horton, 1945). Penelitian yang dilakukan oleh Pallard dkk (2009), menjelaskan bahwa kerapatan sungai (*drainage density*) yang tinggi dapat meningkatkan debit puncak dan memengaruhi lokasi banjir, sehingga menjadi faktor penting dalam pemetaan bahaya banjir. Linsley dkk (1975) menyatakan bahwa apabila nilai kerapatan aliran sungai berada di bawah 1 mil/mil<sup>2</sup> (0,62 km/km<sup>2</sup>), suatu DAS cenderung mudah mengalami genangan, sedangkan bila kerapatannya melebihi 5 mil/mil<sup>2</sup> (3,10 km/km<sup>2</sup>), wilayah tersebut lebih berpotensi mengalami kondisi kekeringan. Adapun klasifikasi dan skoring kerapatan sungai dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Klasifikasi dan Skor Kerapatan Sungai

| Klasifikasi                     | Skor | Bobot |
|---------------------------------|------|-------|
| <620 m/km <sup>2</sup>          | 5    | 0,10  |
| 620 – 1.440 m/km <sup>2</sup>   | 4    |       |
| 1.440 – 2.270 m/km <sup>2</sup> | 3    |       |
| 2.270 – 3.100 m/km <sup>2</sup> | 2    |       |
| > 3.100 m/km <sup>2</sup>       | 1    |       |

Sumber: (Darmawan et al., 2017)

Kota Bengkulu dilewati oleh 4 Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Bengkulu, DAS Nelas, DAS Sungai Hitam, dan DAS Pulau Baai. Adapun pengklasifikasian dan skoring berdasarkan **Tabel 5**, kelas kerapatan tertinggi dengan skor 5 memiliki luas paling besar secara keseluruhan, yang mengindikasikan bahwa sebagian wilayah kota memiliki jaringan sungai yang rapat dan kemungkinan berada pada daerah tangkapan air yang luas. Kecamatan seperti **Selebar** dan **Kampung Melayu** memiliki area besar pada kelas kerapatan sungai tinggi, menunjukkan bahwa wilayah tersebut berpotensi memiliki potensi untuk tergenang.



Gambar 5 Peta Skor Kerapatan Sungai

#### E. Klasifikasi dan Skor Variabel Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan berperan pada besaran air hujan yang akan diserap atau akan menjadi *run-off* sehingga menyebabkan adanya genangan atau banjir. Lahan yang berupa vegetasi akan membuat air hujan mudah terserap dan membuat banyak waktu yang ditempuh oleh limpasan air hujan menuju sungai sehingga kemungkinan banjir lebih kecil dibandingkan daerah yang tidak ditanami vegetasi (Darmawan et al., 2017). Pembagian klasifikasi dan skoring parameter penggunaan lahan dijelaskan sebagai berikut.

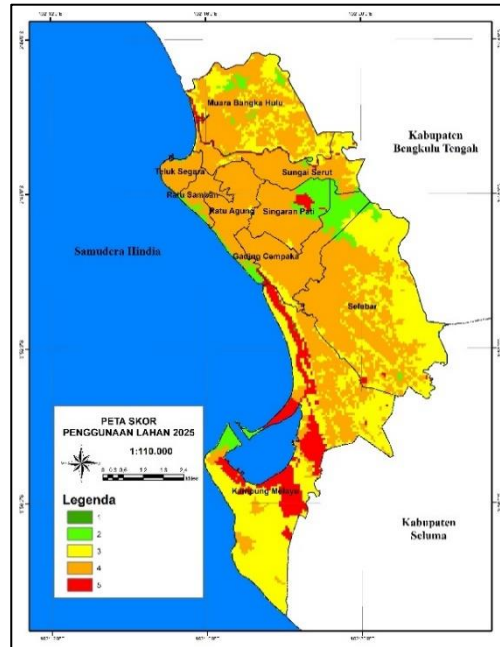
Tabel 6. Klasifikasi dan Skor Penggunaan Lahan

| Klasifikasi                        | Skor | Bobot |
|------------------------------------|------|-------|
| Lahan terbuka, badan air, tambak   | 5    | 0,25  |
| Permukiman, Lahan Terbangun, Sawah | 4    |       |
| Perkebunan, Tegalan                | 3    |       |
| Kebun Campur, Semak Belukar        | 2    |       |
| Hutan                              | 1    |       |

Sumber: (Kusumo & Nursari, 2016)

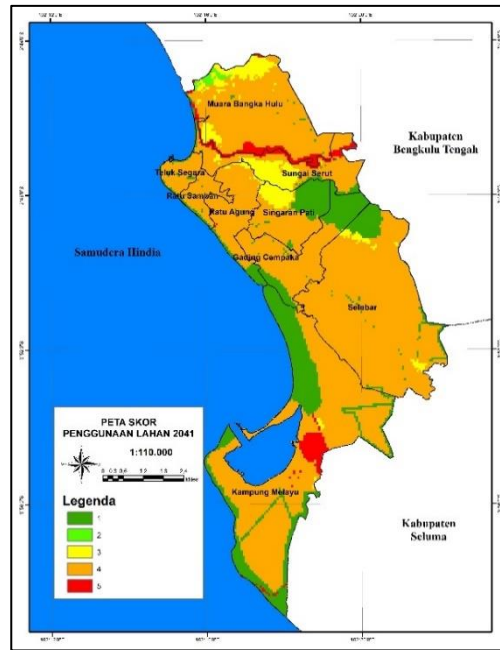
Distribusi penggunaan lahan tahun 2025 di Kota Bengkulu menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah berada pada **skor 3 dan skor 4** untuk kelas penggunaan lahan. Kondisi ini menunjukkan karakteristik wilayah yang sudah memiliki tingkat pemanfaatan lahan menengah hingga tinggi, dengan dominasi area terbangun. Penggunaan lahan ini berdampak langsung pada menurunnya daya resap tanah akibat permukaan kedap air seperti aspal, beton, dan bangunan

permanen maupun vegetasi yang tidak memiliki daya serap yang baik. Akibatnya, air hujan yang turun tidak dapat terserap secara optimal ke dalam tanah dan cenderung menjadi limpasan permukaan.



Gambar 6. Peta Skor Penggunaan Lahan Tahun 2025 (Baseline)

Sedangkan penggunaan lahan Kota Bengkulu di tahun 2041 menunjukkan peningkatan signifikan pada **skor 4**, yaitu kategori wilayah terbangun, hal ini menandakan pembangunan pesat kawasan terbangun pada tahun 2041. Kecamatan **Selebar, Kampung Melayu, dan Sungai Serut** mengalami pertumbuhan paling besar di kelas ini, yang mengindikasikan terjadinya pembangunan intensif serta peningkatan tekanan terhadap lingkungan. Peningkatan kawasan terbangun membuat kebutuhan akan drainase semakin tinggi, karena air hujan sudah tidak dapat diserap secara langsung ke dalam tanah yang disebabkan oleh sudah tergantinya tanah ataupun vegetasi menjadi lahan terbangun yang membuat debit aliran limpasan air hujan semakin tinggi. Ancaman terjadinya genangan banjir semakin besar dikarenakan adanya alih fungsi vegetasi menjadi kawasan terbangun.



Gambar 7. Peta Skor Penggunaan Lahan Tahun 2041 (Proyeksi)

#### F. Tingkat Ancaman Bahaya Banjir

Analisis bahaya banjir dilakukan dengan menggunakan metode *skoring overlay* terhadap seluruh parameter yang digunakan. Hasil dari *overlay* seluruh variabel dibuat menjadi tiga kelas klasifikasi bahaya banjir, yaitu kelas rendah, sedang, dan tinggi, dengan persamaan yang digunakan untuk menentukan kelas interval menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Kelas\ Interval = \frac{Skor\ Tertinggi - Skor\ Terendah}{Jumlah\ Kelas}$$

Tabel 7. Interval Kelas Bahaya Bencana Banjir

| Nilai Skor  | Kelas Bahaya |
|-------------|--------------|
| 2,6 – 3,32  | Rendah       |
| 3,32 – 3,99 | Sedang       |
| 3,99 – 4,6  | Tinggi       |

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berikut hasil pengklasifikasian kelas bahaya di Kota Bengkulu pada tahun 2025 dan 2041

Tabel 8. Hasil Analisis Bahaya Banjir di Kota Bengkulu Tahun 2025 (Baseline)

| Kecamatan      | Luasan Wilayah (Hektar) |        |        |
|----------------|-------------------------|--------|--------|
|                | Rendah                  | Sedang | Tinggi |
| Gading Cempaka | 7,97                    | 480,79 | 677,83 |

| Kecamatan            | Luasan Wilayah (Hektar) |                 |                 |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
|                      | Rendah                  | Sedang          | Tinggi          |
| Kampung Melayu       | 46,36                   | 2473,01         | 1712,91         |
| Muara Bangka Hulu    | 13,40                   | 903,87          | 1312,49         |
| Ratu Agung           | 19,65                   | 234,59          | 538,38          |
| Ratu Samban          | 13,66                   | 93,01           | 178,17          |
| Selebar              | 6,92                    | 1.406,39        | 2.334,22        |
| Singaran Pati        | 7,30                    | 382,62          | 532,05          |
| Sungai Serut         | 11,19                   | 389,87          | 585,67          |
| Teluk Segara         | 1,05                    | 88,33           | 144,88          |
| <b>Kota Bengkulu</b> | <b>127,49</b>           | <b>6.452,47</b> | <b>8.016,59</b> |

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil analisis pada tahun 2025, menunjukkan bahwa bahaya banjir di Kota Bengkulu tersebar tidak merata di setiap kecamatan. Luasan bahaya banjir kategori rendah relatif kecil di seluruh kecamatan, dengan total hanya 127,49 hektar di tingkat kota. Sebaliknya, bahaya banjir kategori sedang dan tinggi menunjukkan luasan yang jauh lebih besar, masing-masing mencapai 6.452,47 hektar dan 8.016,59 hektar. Kecamatan Kampung Melayu dan Selebar memiliki luasan bahaya banjir sedang dan tinggi yang paling signifikan, menandakan tingkat kerawanan yang lebih besar dibandingkan kecamatan lain. Sementara itu, kecamatan Teluk Segara dan Ratu Samban memiliki luasan bahaya yang lebih kecil pada semua kelas bahaya. Secara keseluruhan, analisis ini menggambarkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Bengkulu berada pada tingkat bahaya banjir sedang hingga tinggi. Secara total persentase wilayah di Kota Bengkulu pada tahun 2025 yang berada pada kelas bahaya rendah sebesar 19,9%, sedangkan kelas sedang sebesar 39,7% dan wilayah yang berada pada kelas bahaya tinggi sebesar 40,4%.

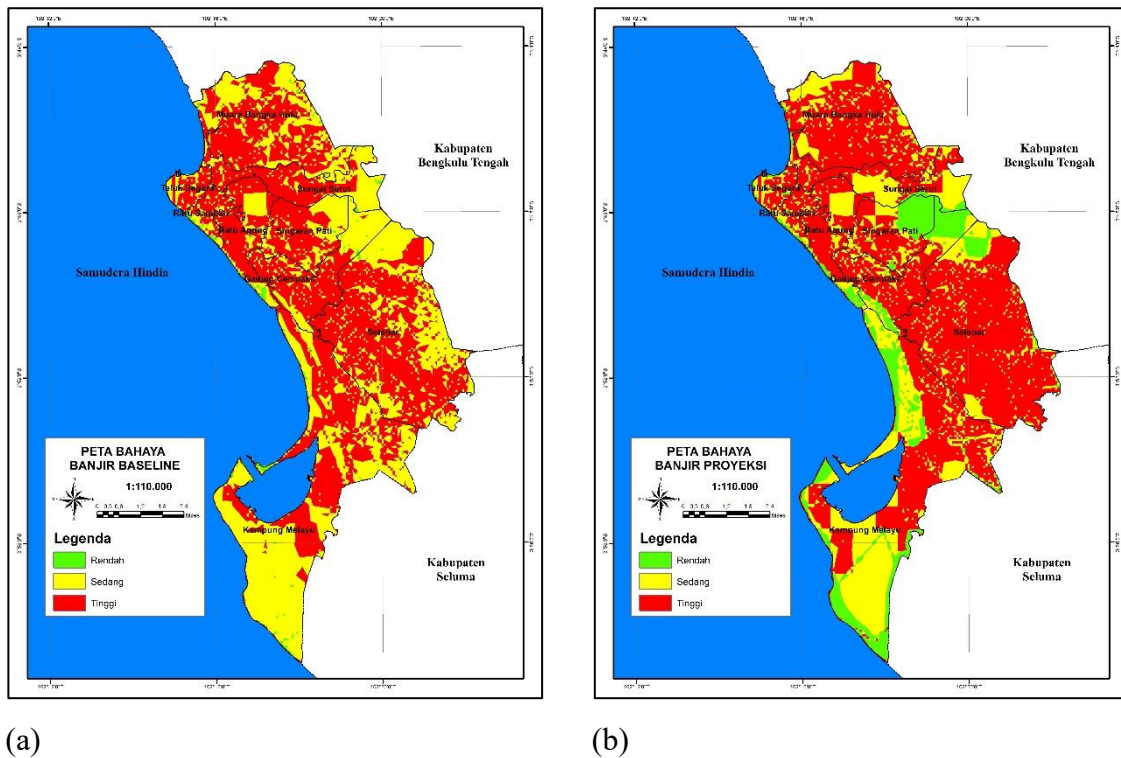
Tabel 9. Hasil Analisis Bahaya Banjir di Kota Bengkulu Tahun 2041 (Proyeksi)

| Kecamatan         | Luas Wilayah (Hektar) |          |          |
|-------------------|-----------------------|----------|----------|
|                   | Rendah                | Sedang   | Tinggi   |
| Gading Cempaka    | 269,79                | 245,10   | 651,27   |
| Kampung Melayu    | 727,51                | 1.743,55 | 1.793,36 |
| Muara Bangka Hulu | 13,05                 | 531,51   | 1.671,16 |
| Ratu Agung        | 58,57                 | 219,20   | 513,75   |
| Ratu Samban       | 22,03                 | 78,75    | 179,15   |
| Selebar           | 116,61                | 522,68   | 3.092,73 |
| Singaran Pati     | 278,89                | 206,31   | 436,76   |

| Kecamatan            | Luas Wilayah (Hektar) |                 |                 |
|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                      | Rendah                | Sedang          | Tinggi          |
| Sungai Serut         | 61,82                 | 451,68          | 460,95          |
| Teluk Segara         | 20,15                 | 70,77           | 139,30          |
| <b>Kota Bengkulu</b> | <b>1.568,41</b>       | <b>4.069,55</b> | <b>8.938,44</b> |

Sumber: Hasil Analisis, 2025

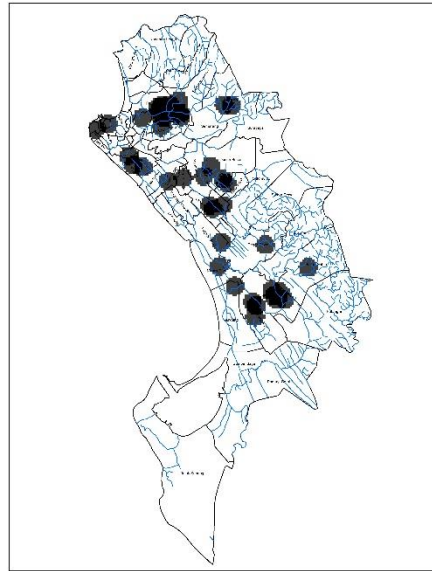
Berdasarkan analisis proyeksi bahaya banjir pada tahun 2041, bahwa ancaman banjir di Kota Bengkulu masih cukup signifikan pada masa mendatang. Kelas bahaya tinggi memiliki luasan terbesar, yaitu 8.938,44 hektar, menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah kota diperkirakan akan berada pada tingkat ancaman banjir yang serius. Kecamatan Selebar, Kampung Melayu, dan Muara Bangka Hulu merupakan wilayah dengan luasan bahaya tinggi yang paling menonjol. Sementara itu, kelas bahaya sedang juga cukup luas, mencapai 4.069,55 hektar, dengan sebaran yang cukup merata di beberapa kecamatan. Di sisi lain, kelas bahaya rendah sebesar 1.568,41 hektar, menandakan bahwa hanya sebagian kecil wilayah kota yang diperkirakan mengalami ancaman banjir relatif ringan. Secara keseluruhan, proyeksi ini menunjukkan bahwa Kota Bengkulu berpotensi menghadapi tantangan banjir yang besar. Secara total persentase wilayah di Kota Bengkulu pada tahun 2041 yang berada pada kelas bahaya rendah sebesar 39,2%, sedangkan kelas sedang sebesar 11,5% dan wilayah yang berada pada kelas bahaya tinggi sebesar 49,3%.



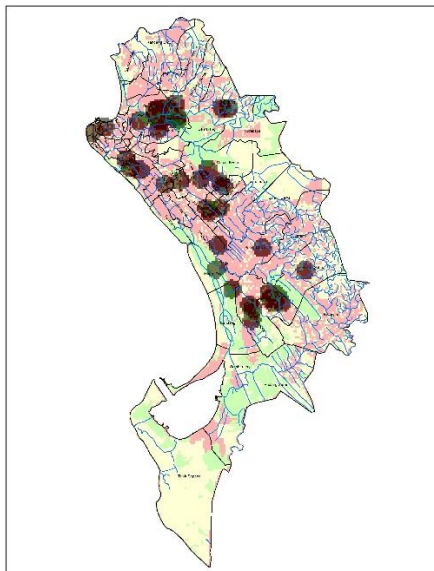
Gambar 8. (a) Peta Bahaya Tahun 2025; (b) Peta Bahaya Tahun 2041

#### G. Pembandingan Hasil Analisis dengan Data Historis Banjir

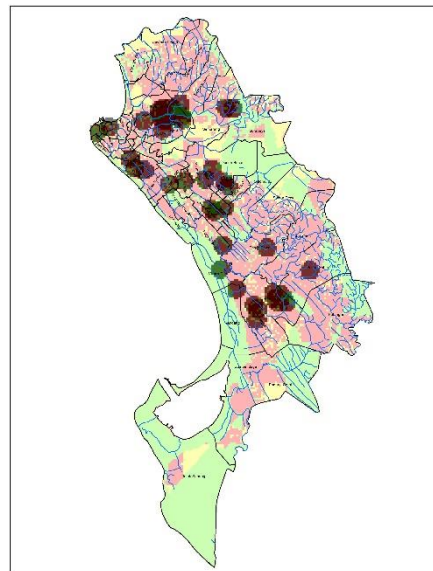
Pembandingan antara hasil analisis bahaya banjir dengan data historis kejadian banjir di Kota Bengkulu yang dihimpun dari data internal BPBD Kota Bengkulu (2025) pada tahun 2015-2024 menunjukkan adanya kesesuaian spasial pada beberapa wilayah yang teridentifikasi berisiko tinggi. Area dengan tingkat bahaya sedang hingga tinggi dalam hasil pemodelan umumnya beririsan dengan lokasi-lokasi yang secara historis tercatat mengalami genangan berulang, terutama pada kawasan terbangun, dataran rendah, dan dekat dengan sungai.



(a) Peta Historis Titik Banjir di Kota Bengkulu 2015-2024



(b) Pembandingan Historis Banjir dengan Hasil Analisis Tahun 2025



(b) Pembandingan Historis Banjir dengan Hasil Analisis Tahun 2041

#### H. Perubahan Tingkat Ancaman Bahaya Banjir

Detil mengenai perubahan tingkat ancaman bahaya banjir di Kota Bengkulu dari tahun 2025 ke tahun 2041 dapat dilihat pada tabel berikut.

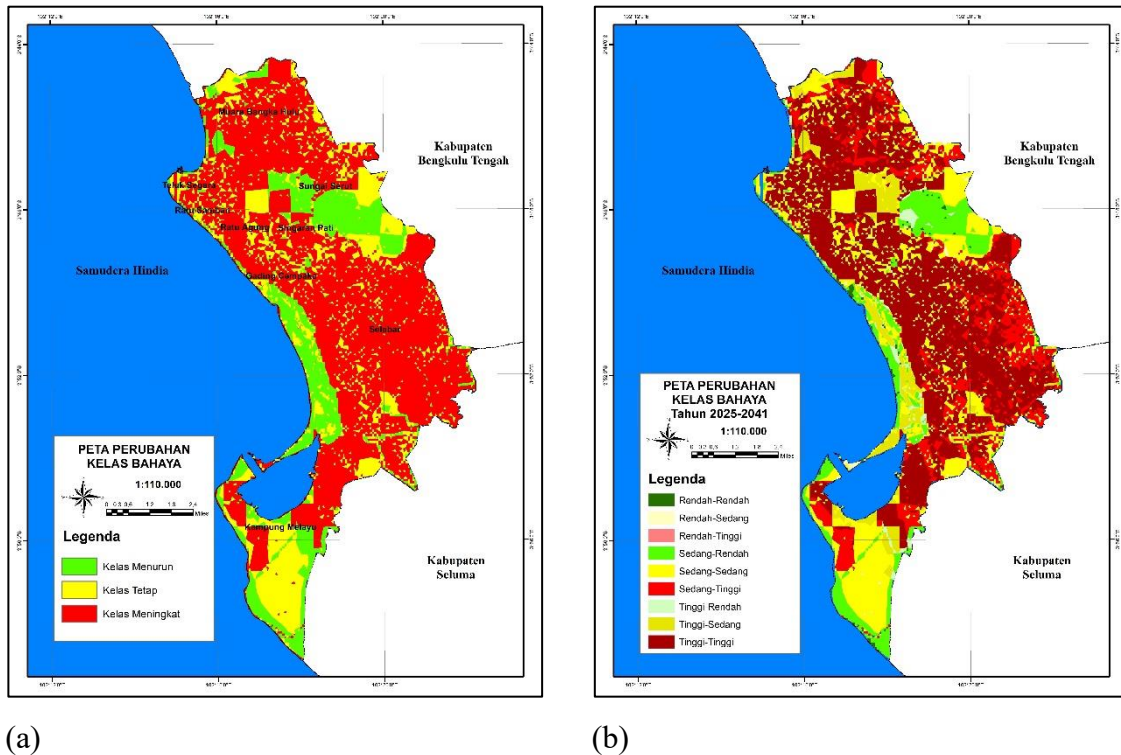
Tabel 10. Perubahan Tingkat Ancaman Bahaya Banjir Dari Tahun 2025 ke Tahun 2041

| Kecamatan            | Luas Wilayah (Hektar) |          |         |
|----------------------|-----------------------|----------|---------|
|                      | Rendah                | Sedang   | Tinggi  |
| Gading Cempaka       | 261,82                | -235,69  | -26,56  |
| Kampung Melayu       | 681,15                | -729,47  | 80,45   |
| Muara Bangka Hulu    | -0,34                 | -372,35  | 358,68  |
| Ratu Agung           | 38,92                 | -15,38   | -24,63  |
| Ratu Samban          | 8,37                  | -14,27   | 0,98    |
| Selebar              | 109,68                | -883,71  | 758,51  |
| Singaran Pati        | 271,59                | -176,31  | -95,28  |
| Sungai Serut         | 50,63                 | 61,82    | -124,72 |
| Teluk Segara         | 19,10                 | -17,56   | -5,59   |
| <b>Kota Bengkulu</b> | 1440,92               | -2382,93 | 921,85  |

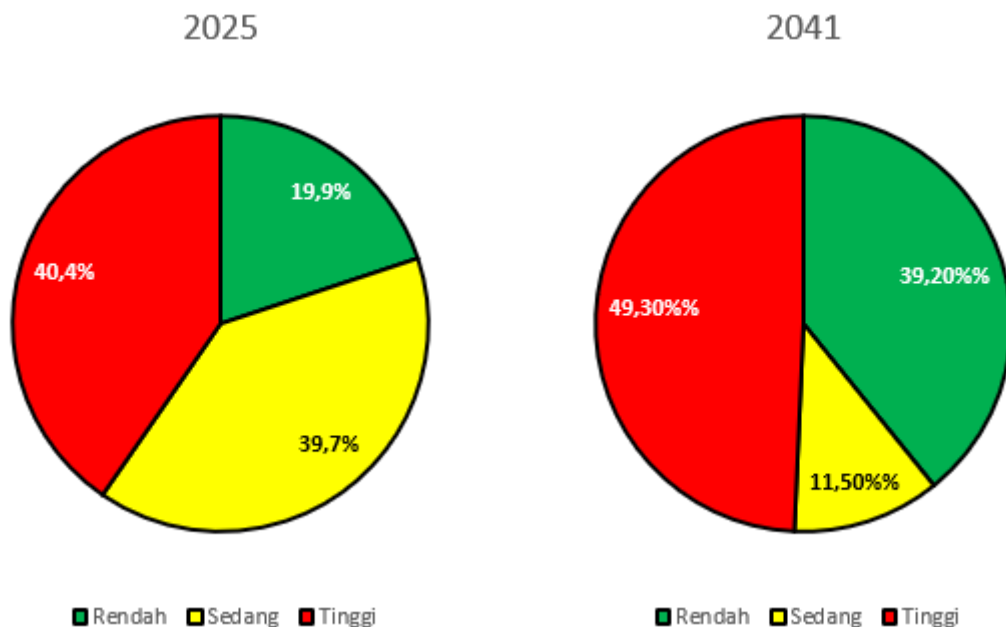
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Sebagian kecamatan di Kota Bengkulu mengalami peningkatan luasan pada kelas bahaya rendah di tahun 2041. Peningkatan terbesar pada kelas ini terjadi di **Kampung Melayu**, dengan kenaikan mencapai **681,15 hektar**, diikuti oleh **Gading Cempaka** dan **Singaran Pati** yang juga menunjukkan pertambahan luas yang cukup besar. Sebaliknya, kategori bahaya sedang justru banyak mengalami pengurangan luasan, ditandai dengan nilai negatif di sebagian besar kecamatan. Penurunan terbesar terjadi di **Selebar**, yaitu mencapai **-883,71 hektar**, kemudian disusul **Kampung Melayu** yang turun **-729,47 hektar**, hal itu menunjukkan bahwa wilayah yang sebelumnya berada pada bahaya sedang bergeser ke kelas lain, baik ke arah bahaya yang lebih rendah maupun lebih tinggi. Untuk kelas bahaya tinggi, perubahan luasan bervariasi antar kecamatan. Kecamatan **Selebar** mengalami peningkatan terbesar dengan nilai luasan bertambah sebesar **758,51 hektar**, sedangkan **Sungai Serut** mengalami penurunan paling besar dengan nilai **-124,72 hektar**. Secara keseluruhan, wilayah di Kota Bengkulu yang berada pada kelas rendah mengalami peningkatan sebesar 19,27%, sedangkan kelas sedang mengalami penurunan sebesar 28,12%, dan kelas tinggi mengalami penambahan luas wilayah sebesar 8,85%. Pola ini menunjukkan bahwa beberapa kecamatan mengalami pergeseran tingkat bahaya yang cukup signifikan, terutama antara kelas sedang dan tinggi. Pergeseran tingkat bahaya yang cukup signifikan terjadi dikarenakan adanya perubahan penggunaan lahan eksisting dengan rencana pola ruang pada tahun 2041. Semakin meluasnya perubahan guna penggunaan lahan yang semula vegetasi maupun non-terbangun menjadi kawasan

terbangun menjadi pemicu utama perubahan tingkat ancaman bahaya di Kota Bengkulu. Perubahan ini membuat potensi bahaya banjir yang semakin meluas untuk kelas tinggi sehingga diperlukan adanya upaya mitigasi untuk mengatasi tingginya potensi bahaya banjir pada tahun 2041.



Gambar 9. (a) Peta Perubahan Kelas Bahaya (b) Peta Perubahan Kelas Rinci



Gambar 10 Persentase Kelas Bahaya Banjir

## Pembahasan

Hasil analisis dengan jelas menunjukkan bahwa alih fungsi lahan memiliki peran krusial terhadap peningkatan bahaya banjir di Kota Bengkulu pada proyeksi tahun. Ekspansi kawasan terbangun secara masif diproyeksikan terjadi, terutama di Kecamatan Selebar, Kampung Melayu, dan Sungai Serut. Perubahan lahan dari area bervegetasi menjadi permukaan kedap air (*impermeabel*) secara langsung akan meningkatkan koefisien limpasan permukaan (*surface runoff coefficient*) dan mengurangi kemampuan infiltrasi tanah secara drastis. Penurunan daya resap ini mengakibatkan air hujan membebani sistem drainase eksisting, yang pada akhirnya memicu perluasan zona bahaya banjir kelas tinggi dari 40,4% pada tahun 2025 menjadi 49,3% pada tahun 2041. Analisis tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Feng, dkk (2021), bahwa pembangunan pesat akan meningkatkan debit air limpasan karena vegetasi untuk melakukan resapan air hujan semakin berkurang.

Namun, di balik temuan tersebut, perlu diakui bahwa pendekatan spasial menggunakan metode pembobotan (*scoring*) dan tumpang susun (*overlay*) dalam penelitian ini memiliki ketidakpastian (*uncertainty*). Metode ini sangat efektif untuk memetakan kerawanan wilayah secara makro, tetapi hasilnya sangat bergantung pada pemberian nilai bobot yang bersifat evaluatif dari literatur terdahulu. Model ini memiliki kekurangan mendetail mengenai pemodelan banjir jika dibandingkan dengan menggunakan *software* HEC-RAS, dimana dalam pemodelannya melakukan simulasi pergerakan air dan menghitung volume air secara menyeluruh. Oleh karena itu penelitian spasial ini ditujukan sebagai gambaran zonasi bahaya banjir yang terjadi akibat adanya perubahan guna lahan secara spasial, dan berguna untuk menjadi dasar Pemerintah Kota Bengkulu untuk melakukan perencanaan mitigasi terhadap bencana banjir di masa depan.

Pemerintah Kota Bengkulu dapat melakukan upaya mitigasi secara non-struktural dengan berfokus pada peningkatan kapasitas kelembagaan dan masyarakat dalam menghadapi bencana. Selain itu upaya mitigasi secara struktural perlu juga dilakukan salah satunya dengan mengadaptasi konsep kota spons seperti yang dilakukan di Kota Nanjing dan Haikou di Cina. Kota Spons merujuk pada kesiapan kota dalam memaksimalkan infiltrasi air yang kemudian digunakan kembali untuk keperluan masyarakat, dimana dapat dilakukan dengan membangun berbagai infrastruktur, seperti bioretensi, taman hujan, kolam retensi, dll (Keliwar et al., 2024). Selain melakukan perencanaan mitigasi dan peningkatan kapasitas kebencanaan, upaya monitoring dan pengawasan pemanfaatan ruang sesuai dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan harus dilakukan. Upaya pemastian pemanfaatan ruang yang sesuai dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan ini merupakan salah satu langkah mitigasi dan preventif dalam mengurangi ancaman bencana dalam pengimplementasian integrasi antara UU 24/2007 tentang Penanggulangan Bencana dengan UU 26/2007 tentang Penataan Ruang.

## SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa perubahan fungsi lahan akibat pesatnya pembangunan menjadi penyebab utama meluasnya ancaman banjir di Kota Bengkulu. Kawasan dengan tingkat bahaya banjir tinggi diproyeksikan melonjak dari 40,4% pada tahun 2025 menjadi 49,3% di tahun 2041, dengan dampak terparah berlokasi di Kecamatan Selebar, Kampung Melayu, dan Sungai Serut. Temuan ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah sebagai peringatan dini untuk memperketat pengawasan tata ruang dan menerapkan solusi mitigasi, seperti konsep Kota Spons, guna mengembalikan fungsi resapan air di kawasan padat bangunan. Secara akademik, penelitian ini memperkaya kajian pemetaan risiko banjir karena tidak hanya mengevaluasi kondisi tata ruang saat ini, tetapi juga memprediksi ancaman di masa depan berdasarkan skenario rencana tata ruang wilayah. Namun, menyadari bahwa pemodelan spasial dalam studi ini memiliki keterbatasan karena tidak mensimulasikan pergerakan air secara nyata, penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk menggunakan model hidrodinamika seperti HEC-RAS guna menghitung kedalaman genangan, kecepatan air, dan kapasitas drainase dengan lebih presisi.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aziza, S. N., Somantri, L., & Setiawan, I. (2021). ANALISIS PEMETAAN TINGKAT RAWAN BANJIR DI KECAMATAN BONTANG BARAT KOTA BONTANG BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 109–120. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23887/jjg.v9i2.35173>
- Bappenas. (2018). *Kaji Ulang RAN API: Kajian Basis Ilmiah Proyeksi Iklim Atmosferik* (Vol. 3, Issue April). Bappenas.
- BNPB. (2025a). *Bencana Indonesia 2025*.
- BNPB. (2025b). *IRBI Indeks Risiko Bencana Indonesia Tahun 2024* (Vol. 03). Perpustakaan Nasional.
- BPBD Kota Bengkulu. (2025). *Laporan Kejadian Bencana Kota Bengkulu*.
- BPS Kota Bengkulu. (2025). *Kota Bengkulu Dalam Angka 2025* (Vol. 19). Badan Pusat Statistik Kota Bengkulu.
- Bündnis Entwicklung Hilft. (2025). *WorldRiskReport 2025*.
- Darmawan, K., Hani'ah, H., & Suprayogi, A. (2017). Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 31–40. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/15024>
- FAO-UNESCO. (1979). Soil Map of The World: South East Asia. In *Soil Map of The World: Vol. IX*. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>
- Feng, B., Zhang, Y., & Bourke, R. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. *Natural Hazards*, 106(1), 613–627. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04480-0>
- Gracia, C., Dewi, C., & Anisa, R. (2023). Analisis Pengaruh Intensitas Curah Hujan terhadap Luas Daerah Genangan Berpotensi Banjir di Kota Bandar Lampung. *Datum: Journal of Geodesy and Geomatics*, 3(2), 55–65. <https://doi.org/10.23960/datum.v3i2.4651>

- Harto, S. B. (1996). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Hermon, D. (2012). *Mitigasi Bencana Hidrometeorologi: Banjir, Longsor, Ekologi, Degradasi Lahan, Puting Beliung, Kekeringan*. UNP Press.
- Horton, R. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, 275–230. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Keliwar, K. A. H., Rinda, Z. A., Nouri, M. N., Alvianti, V., & Putri, D. A. (2024). Penerapan Kota Spons Di China: Evaluasi Untuk Pembangunan Ibu Kota Mendatang. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(4), 2255–2274. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i4.1336>
- Kusumo, P., & Nursari, E. (2016). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab. Serang, Banten. *Jurnal String*, 1(1), 29–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.30998/string.v1i1.966>
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. (1975). *Hydrology for Engineers* (2nd ed.). University of Michigan.
- Matondang, J. P., Ir. Sutomo Kahar, M. S., & Bandi Sasmito, ST., M. (2013). Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kota Kendal Dan Sekitarnya). *Jurnal Geodesi Undip*, 2(2), 103–113.
- Pallard, B., Castellarin, A., & Montanari, A. (2009). A look at the links between drainage density and flood statistics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(7), 1019–1029. <https://doi.org/10.5194/hess-13-1019-2009>
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset.
- USDA. (2009). *National Engineering Handbook Chapter 7 Hydrologic Soil Groups*.
- Weday, M. A., Tabor, K. W., & Gameda, D. O. (2023). Flood hazards and risk mapping using geospatial technologies in Jimma City, southwestern Ethiopia. *Heliyon*, 9(4), e14617. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14617>