

## Evaluasi Muka Air Banjir pada Saluran Ranca Mekar akibat Pengembangan Kawasan Rumah Ibadah di Rancasari

### *Assessment of Flood Water Levels on the Ranca Mekar Channel Due to the Development of Religious Facility Area in Rancasari* Tasya Wijaya<sup>1)</sup> Obaja Triputera Wijaya<sup>2)</sup>\* Calvin Wimordi<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Universitas Katolik Parahyangan

Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung, Indonesia

\*Corresponding author: [obaja.wijaya@unpar.ac.id](mailto:obaja.wijaya@unpar.ac.id)

Diterima: 03 September 2024; Direvisi: 31 Januari 2025; Disetujui: 22 Agustus 2025

#### Abstract

Uncontrolled land-use changes are a significant factor contributing to flooding, particularly in urban areas. A plot of land in the city of Bandung is planned to be developed into a place of worship. Due to the existing topographic conditions and future planning by the local government, a drainage channel will be constructed to convey runoff from the religious facility area and the adjacent western area to the Ranca Mekar drainage channel. This study examines the impact of runoff from these two areas on the flood water level in the Ranca Mekar drainage channel. Based on the analysis, the runoff from these areas increases the flood water level (MAB) in the Ranca Mekar channel by 20-25 cm for both 2-year and 10-year return periods. This increase in flood water level is exacerbated by blockages in segment J10, caused by channel narrowing and an upward slope. Additionally, sedimentation issues along the channel reduce its capacity. The study also evaluates three alternative solutions to address these problems. The results show that reducing the slope of the channel bed in segments J10-J12 can lower the flood water level by 11 cm, whereas widening the channel dimensions in segment J10 is less effective, reducing the water depth by only 5 cm. A combination of both alternatives results in a 12 cm reduction in flood water level in segment J10 for both the 2-year and 10-year return periods. Although some alternative solutions have been effective in reducing the flood water level, further studies are required to evaluate runoff management strategies in both the religious facility gereja area and the western region. Potential measures include the implementation of retention ponds, infiltration wells, and other mitigation approaches.

**Keywords:** Bandung, land-use-change, SWMM, urban drainage, runoff discharge

#### Abstrak

Perubahan tataguna lahan yang tidak terkendali merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir khususnya di daerah perkotaan. Sebuah lahan di Kota Bandung direncanakan untuk dikembangkan menjadi sebuah sarana rumah ibadah. Berdasarkan kondisi topografi yang ada serta perencanaan ke depan oleh pemerintah daerah, akan dibuat sebuah saluran drainase untuk mengalirkan limpasan yang berasal dari kawasan rumah ibadah dan kawasan di sebelah barat menuju saluran drainase Ranca Mekar. Studi ini mengkaji pengaruh dari beban limpasan dari kedua kawasan tersebut terhadap muka air banjir pada saluran drainase Ranca Mekar. Berdasarkan hasil analisis, akibat adanya beban limpasan dari kedua kawasan tersebut muka air banjir (MAB) pada saluran Ranca Mekar meningkat 20-25 cm baik pada periode ulang 2 dan 10 tahun. Peningkatan MAB ini juga diperparah dengan adanya aliran tersumbat pada segmen J10 akibat penyempitan saluran dan kemiringan saluran yang menanjak. Selain itu, permasalahan sedimentasi di sepanjang saluran juga membuat kapasitas saluran berkurang. Studi ini juga mengkaji tiga alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hasil studi menunjukkan bahwa dengan memperlandai kemiringan dasar saluran pada segmen J10-J12 mampu mereduksi MAB sedalam 11 cm, sedangkan alternatif solusi dengan memperlebar dimensi saluran pada segmen J10 tidak terlalu efektif dalam menurunkan kedalaman aliran di mana MAB hanya turun sebesar 5 cm. Kombinasi dari kedua alternatif tersebut menghasilkan MAB pada segmen J10 menurun sedalam 12 cm, baik untuk periode ulang 2 tahun maupun 10 tahun. Walaupun beberapa alternatif solusi mampu menurunkan MAB, diperlukan kajian lebih lanjut terkait dengan pengendalian limpasan baik pada kawasan rumah ibadah maupun kawasan barat seperti pemanfaatan kolam retensi, sumur resapan, dan lain sebagainya.

**Kata Kunci:** Bandung, perubahan tataguna lahan, Storm Water Management Model, drainase perkotaan, debit limpasan

**PENDAHULUAN**

Akar permasalahan banjir di daerah perkotaan berawal dari bertambahnya jumlah penduduk (Du et al., 2012; Hapuarachchi et al., 2011; Huong & Pathirana, 2013; Miller & Hutchins, 2017). Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan tempat tinggal ikut bertambah. Selain itu, kebutuhan akan sarana dan prasarana penunjang, seperti sekolah, rumah sakit, dan rumah ibadah, juga meningkat. Akibat pembangunan sarana prasarana tersebut, banyak wilayah mengalami alih fungsi lahan yang berujung pada berkurangnya ruang terbuka hijau atau RTH (Dutal, 2023; Hollis, 1975). Seiring dengan menurunnya RTH, khususnya pada daerah perkotaan, daerah resapan menjadi berkurang dan sehingga volume limpasan permukaan meningkat (Feng et al., 2021; Mahmoud & Gan, 2018; Prokešová et al., 2022; Shi et al., 2007).

Berdasarkan hal tersebut, perubahan tata guna lahan secara tidak langsung merupakan salah satu faktor yang menyebabkan meningkatnya volume limpasan permukaan. Sebagai contoh, di kota Robe, Etiopia terjadi peningkatan debit puncak limpasan dari 45,13 m<sup>3</sup>/s menjadi 68,72 m<sup>3</sup>/s akibat meningkatnya lahan tertutup dari 10% menjadi 70% (Bibi et al., 2023). Peningkatan volume limpasan ini, jika tidak diikuti dengan perencanaan pengendalian limpasan yang baik di dalam kawasan maupun di luar Kawasan, dapat meningkatkan risiko terjadinya banjir (Hua et al., 2020; Zhu & Chen, 2017).

Sebuah kawasan di Jalan Soekarno Hatta kota Bandung, direncanakan akan dikembangkan menjadi sebuah kawasan rumah ibadah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil survei awal dan perencanaan arsitektural, limpasan pada kawasan ini tidak dapat dialirkan menuju drainase jalan raya yang berada pada posisi sebelah utara. Hal ini disebabkan oleh elevasi jalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi lahan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Oleh sebab itu, berdasarkan rencana tata

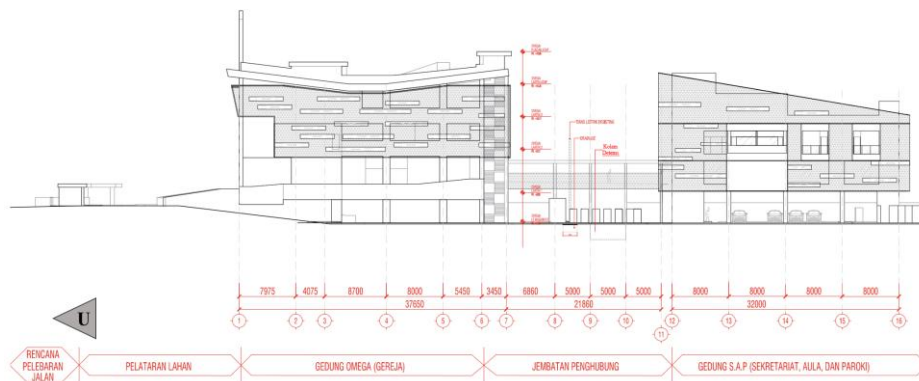
ruang dan wilayah kota Bandung, akan dibangun sebuah saluran yang melintasi kawasan rumah ibadah tersebut dengan titik *outlet* berada pada saluran Ranca Mekar, yang ditunjukkan oleh garis berwarna merah pada Gambar 3.



**Gambar 1** Lokasi studi (Wijaya et al., 2024)

Studi sebelumnya mengevaluasi dampak pengembangan kawasan rumah ibadah terhadap peningkatan debit limpasan (Wijaya et al., 2024). Analisis dilakukan dengan membandingkan hujan limpasan sebelum dan sesudah kawasan terbangun untuk berbagai durasi curah hujan rencana. Hasil menunjukkan bahwa debit puncak limpasan meningkat sebesar 26,3% - 34,4% untuk periode ulang 2 hingga 10 tahun.

Studi ini bertujuan untuk melanjutkan penelitian sebelumnya, yang belum mempertimbangkan pengembangan kawasan Barat. Kebaruan dari studi ini terletak pada pendekatan analisis gabungan terhadap dampak pengembangan dua kawasan, kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat, terhadap peningkatan muka air banjir (MAB) pada Saluran Ranca Mekar. Studi ini tidak hanya menyoroti aspek teknis saluran, tetapi juga menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kontribusi limpasan dari kawasan sekitar dalam perencanaan sistem drainase perkotaan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode evaluasi kapasitas saluran secara lebih menyeluruh, serta mendorong pentingnya penyusunan langkah-langkah mitigasi yang adaptif dalam menghadapi tekanan alih fungsi lahan di wilayah perkotaan.



**Gambar 2** Potongan melintang lahan



**Gambar 3** Lokasi kawasan rumah ibadah, kawasan Barat, dan saluran Ranca Mekar



**Gambar 4** Tata letak kawasan terbangun dan titik pengukuran penampang melintang saluran (J1-O1)

## METODOLOGI

### Ketersediaan Data

Saluran Ranca Mekar merupakan saluran irigasi yang sudah beralih fungsi sepenuhnya menjadi saluran drainase di Jalan Ranca Mekar. Berdasarkan hasil pengukuran, saluran Ranca Mekar berada pada kontur punggung dan diapit oleh dua buah sungai sehingga daerah tangkapan air (DTA) hanya sebesar 4,43 ha, yang ditunjukkan oleh area berwarna ungu pada Gambar 4. Untuk dapat memodelkan MAB pada saluran tersebut, dilakukan pengukuran penampang melintang saluran pada bulan November 2023 di 17 titik, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Secara umum, saluran Ranca Mekar merupakan saluran prismatis dengan lebar dasar saluran bervariasi antara 1 m – 2 m dengan kedalaman saluran rata-rata 1,25 m.

Pada studi ini, hujan rencana menggunakan hasil studi sebelumnya (Wijaya et al., 2024) dengan nilai hujan periode ulang 2 tahun bernilai 85 mm dan periode ulang 10 tahun sebesar 111,2 mm. Nilai ini diperoleh dari hasil analisis frekuensi dengan menggunakan data curah hujan maksimum harian tahunan dari dua sumber data, data hujan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Bandung dan data hujan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) (Hutagaol et al., 2023; Nanda Pratama et al., 2017). Pada studi sebelumnya di lokasi yang sama, data hujan BMKG dan data hujan GPM telah dibandingkan dan memiliki tingkat korelasi yang tinggi sebesar 0,99. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa hasil analisis frekuensi dari data hujan GPM sekitar 10% lebih besar dibandingkan dengan data hujan BMKG. Oleh karena itu, pada studi sebelumnya digunakan data hujan GPM (Wijaya et al., 2024).

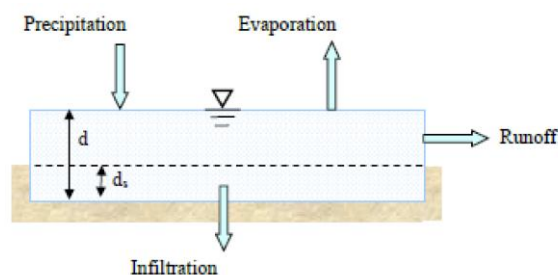
### Analisis Hujan Limpasan

Pada studi ini, baik analisis hujan limpasan maupun analisis MAB akan menggunakan piranti lunak *SWMM* (Ahamed & Agarwal, 2019; Barreiro et al., 2023; Majeed & Chinnamma, 2021; Nurhamidah et al., 2023; Sañudo et al., 2020). Asumsi perhitungan hujan limpasan pada *SWMM* adalah DTA digambarkan sebagai sebuah area berbentuk persegi yang memiliki kemiringan lahan ( $S$ ) dan lebar lahan ( $W$ ) yang seragam sehingga air yang jatuh akan mengalir menuju satu titik *outlet*. Persamaan yang digunakan berdasarkan metode tumpang-tindih non-linear, dengan ilustrasi yang ditunjukkan pada Gambar 5, sebagai berikut:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i - e - f - q \quad \dots(1)$$

Dimana:

- $d$  : kedalaman air di dalam tampungan
- $t$  : waktu
- $i$  : laju presipitasi (hujan dan salju)
- $e$  : laju evaporasi permukaan
- $f$  : laju infiltrasi
- $q$  : laju limpasan



**Gambar 5** Ilustrasi model tampungan non-linear (Rossman, 2016<sup>a</sup>)

Mengingat studi ini menganalisis peristiwa banjir, maka laju evaporasi permukaan diabaikan. Laju limpasan ( $q$ ) diestimasi dengan menggunakan persamaan Manning, dimana tinggi aliran diasumsikan sebagai selisih antara kedalaman air di dalam tampungan ( $d$ ) dan tampungan depresi/*depression storage* ( $d_s$ ). Tampungan depresi dapat digambarkan sebuah volume air yang hilang sebelum limpasan terbentuk (Viessman & Lewis, 2003).

$$q = \frac{W.S^{0.5}}{A.n} (d - d_s)^{\frac{5}{3}} \quad \dots(2)$$

Laju infiltrasi ( $f$ ) atau kehilangan air diestimasi dengan menggunakan metode *Curve Number* (CN) dari *Soil Conservation Service* (SCS). Dalam studi ini, referensi nilai CN diambil dari *United States Department of Agriculture* (USDA) dimana untuk daerah perkotaan memiliki nilai CN antara 72-95 bergantung pada jenis karakteristik tanah yang dimiliki.

**Analisis Hidraulika**

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, dalam studi ini analisis MAB menggunakan piranti lunak SWMM. SWMM menggunakan persamaan Saint-Venant untuk menghasilkan profil MAB, dimana persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4).

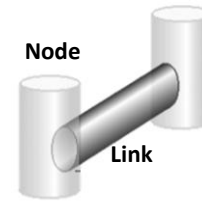
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \quad \dots(3)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = q \quad \dots(4)$$

Dimana:

- Q : debit (m<sup>3</sup>/s)
- A : luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)
- H : tinggi hidraulik aliran (m)
- Sf : kemiringan garis energi (m/m)
- q<sub>L</sub> : debit lateral (m<sup>3</sup>/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Untuk menyelesaikan persamaan (3)-(4), SWMM menggunakan asumsi *node-link* (Gambar 6) untuk mendiskritisasi persamaan tersebut. Sedikit berbeda dengan beberapa metode, dimana parameter kedalaman dan kecepatan akan diperoleh pada setiap titiknya, metode *node-link* parameter kedalaman hanya akan diperoleh pada setiap *node*, sedangkan parameter kecepatan akan diperoleh pada setiap *link* (Rossman, 2017; Rossman & Huber, 2016).



**Gambar 6** Ilustrasi diskritisasi *node-link*

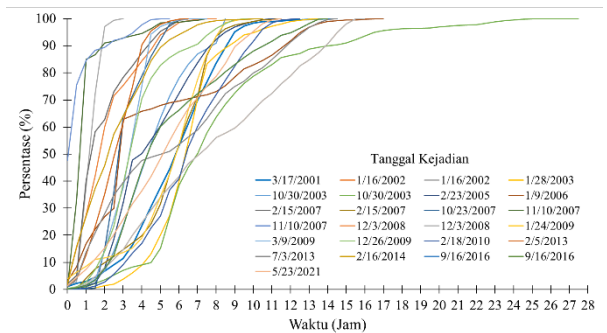
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Distribusi Curah Hujan Rencana**

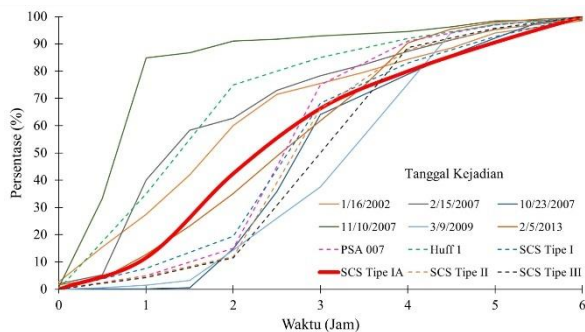
Dalam analisis, dibutuhkan durasi hujan yang relatif pendek. Karena data BMKG hanya tersedia dengan durasi hujan 24 jam, maka distribusi hujan rencana ditentukan dengan menggunakan data hujan GPM. Penentuan distribusi dilakukan dengan melihat pola distribusi kejadian-kejadian hujan ekstrem yang pernah terjadi sepanjang tahun data yang dimiliki. Kejadian hujan ekstrem yang dimaksud adalah total tinggi hujan yang sama atau melebihi tinggi hujan R<sub>2</sub> (85 mm).

Gambar 7 menunjukkan grafik distribusi hujan ekstrem berdasarkan data hujan GPM untuk semua kejadian dari tahun 2001–2022. Berdasarkan hasil, diperoleh bahwa hujan ekstrem didominasi oleh hujan dengan durasi 6 jam. Untuk mengetahui pola distribusi yang digunakan, studi ini membandingkan 6 pola distribusi empiris. Pola distribusi empiris yang digunakan antara lain PSA 007, Huff 1, SCS Tipe I, SCS tipe IA, SCS Tipe II, dan SCS Tipe III (Juma et al., 2022; Pan et al., 2017; Pratiwi & Satria Negara, 2023).

Gambar 8 menunjukkan bahwa secara visual dapat disimpulkan bahwa pola distribusi empiris SCS Tipe A merupakan pola distribusi yang mewakili pola distribusi hujan ekstrem dengan durasi 6 jam pada lokasi studi. Tabel 1 menunjukkan distribusi hujan rencana dengan menggunakan pola distribusi empiris SCS tipe 1A untuk hujan R<sub>2</sub> dan R<sub>10</sub>.



**Gambar 7** Pola distribusi hujan ekstrem GPM tahun 2001-2022



**Gambar 8** Grafik pola distribusi hujan 6 jam dengan berbagai pola distribusi empiris

**Tabel 1** Pola distribusi hujan rencana untuk periode ulang 2 dan 10 tahun

Jam ke-	R <sub>2</sub> (mm)	R <sub>10</sub> (mm)
0	0,00	0,00
1	9,86	13,34
2	26,27	35,55
3	20,31	27,47
4	11,56	15,64
5	9,01	12,19
6	7,99	10,81

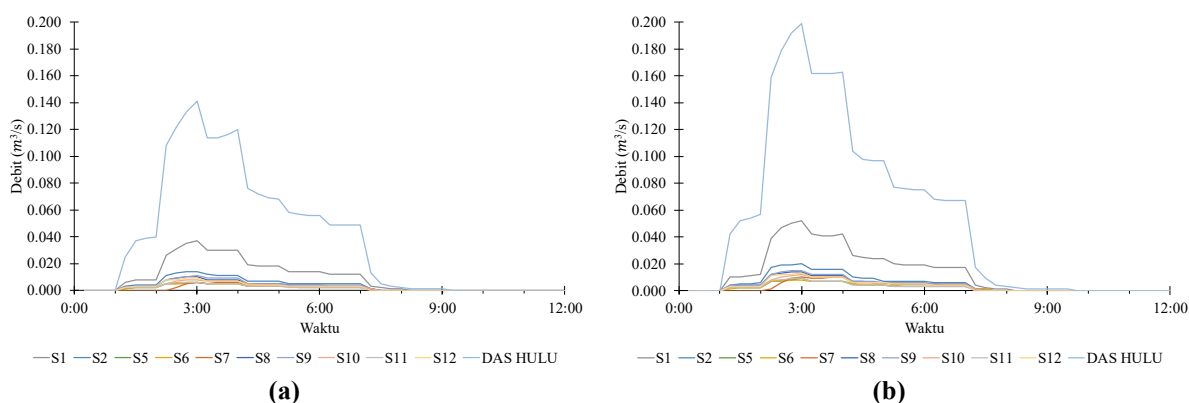
### Analisis MAB Eksisting

Setelah semua data yang dibutuhkan berhasil disiapkan, analisis pertama dimulai dengan memodelkan MAB eksisting pada saluran Ranca Mekar. Pada kondisi eksisting, limpasan yang berasal dari kawasan rumah ibadah dan kawasan

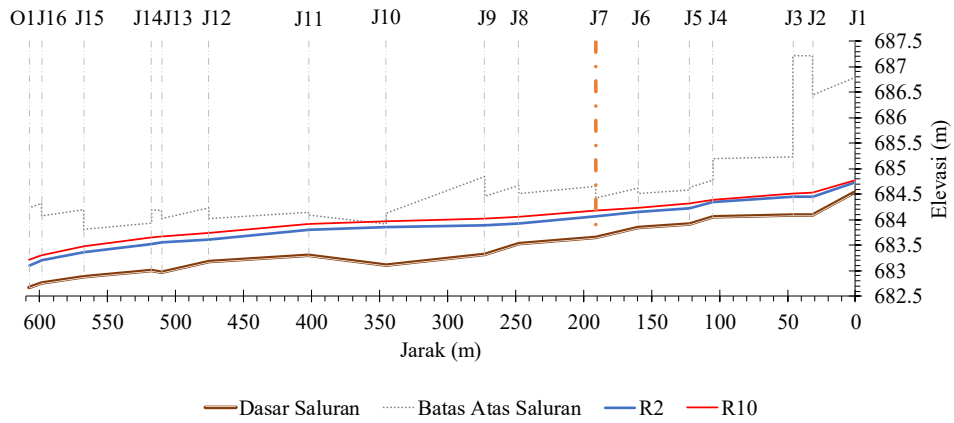
Barat belum mengalir ke saluran Ranca Mekar. Berdasarkan Gambar 4, hanya kawasan yang berwarna ungu yang akan menjadi beban limpasan pada saluran Ranca Mekar.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, saluran Ranca Mekar dipenuhi oleh sedimentasi dan sampah. Sehingga dalam perhitungan diambil nilai kekasaran Manning sebesar 0,05. Nilai ini diambil dengan asumsi kondisi saluran beton yang dipenuhi oleh vegetasi dan aliran lambat (Chow, 1965; Salah Abd Elmoaty & T. A., 2020). Kondisi debit limpasan yang masuk sepanjang saluran Ranca Mekar baik untuk periode ulang 2 dan 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 10 menunjukkan profil memanjang MAB pada kondisi eksisting pada saluran Ranca Mekar dengan periode ulang 2 dan 10 tahun. Secara umum, pada kondisi eksisting tidak terdapat luapan pada saluran Ranca Mekar. Namun, perlu diperhatikan pada segmen saluran J10-J11, khususnya pada periode ulang 10 tahun, segmen saluran tersebut berada pada posisi penuh atau tinggi jagaan saluran sudah tidak tersedia. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Wijaya et al., 2024), diduga pada segmen saluran tersebut terjadi *bottle-neck* akibat penyempitan gorong-gorong yang dipenuhi oleh sedimentasi sehingga aliran menjadi terhambat, lihat Gambar 11. Selain itu, hal tersebut juga diperparah dengan kemiringan saluran yang bersifat menanjak.



**Gambar 9** Debit limpasan yang masuk sepanjang saluran Ranca Mekar untuk periode ulang (a) 2 tahun dan (b) 10 tahun

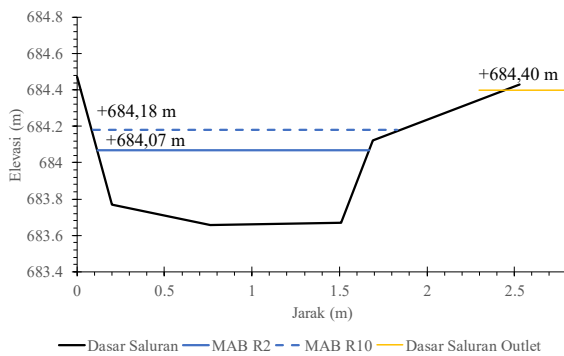


Gambar 10 Profil memanjang kondisi eksisting MAB saluran Ranca Mekar untuk periode ulang 2 dan 10 tahun



Gambar 11 Bottle neck pada node J10-J11 akibat sedimentasi (Wijaya et al., 2024)

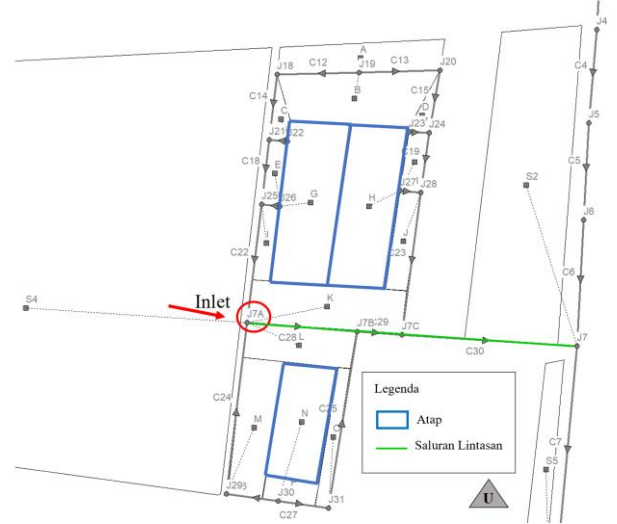
Berdasarkan perencanaan, titik J7 merupakan titik outlet rencana dari kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat. Hasil analisis menunjukkan MAB pada titik J7 berada pada elevasi 684,07 mdpl (meter di atas permukaan laut) untuk periode ulang 2 tahun dan 684,18 mdpl pada periode ulang 10 tahun. Untuk mencegah terjadinya efek pembendungan pada titik tersebut, maka saluran outlet rumah ibadah direncanakan dengan menggunakan prinsip free fall dimana elevasi dasar saluran drainase dirancang pada elevasi 684,40 mdpl, lihat Gambar 12.



Gambar 12 Penampang melintang kondisi eksisting titik J7

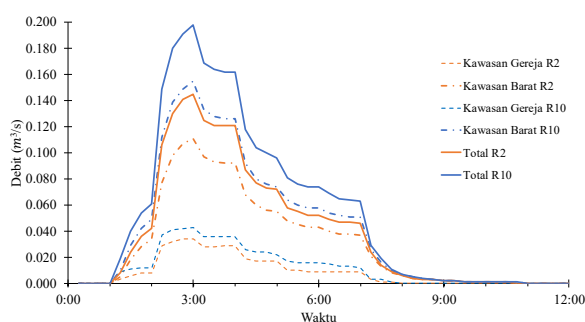
### Analisis MAB Akibat Pengembangan Kawasan

Gambar 13 menunjukkan skema pemodelan sistem drainase pada kawasan rumah ibadah dan parameter pemodelan ditunjukkan pada Tabel 2. Karena rencana tata ruang pada kawasan Barat belum tersedia, maka dalam studi ini digunakan nilai CN sebesar 85. Nilai ini diambil dari (USDA, 1972) dengan asumsi kawasan Barat merupakan daerah komersil di daerah perkotaan. Hal ini perlu dilakukan kajian lebih lanjut pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan nilai CN dan debit limpasan yang lebih akurat.



Gambar 13 Skema pemodelan debit limpasan kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat

Gambar 14 menunjukkan hidrogaf banjir pada kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat setelah terjadinya pengembangan kawasan. Dapat dilihat debit puncak total dari kedua kawasan tersebut adalah 0,145 m<sup>3</sup>/s dan 0,198 m<sup>3</sup>/s untuk periode ulang 2 dan 10 tahun. Dengan menggunakan hidrogaf tersebut sebagai lateral inflow pada titik J7, sehingga MAB akibat pengembangan kawasan dapat dimodelkan.



**Gambar 14** Hidograf banjir kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat pada periode ulang 2 dan 10 tahun

Akibat adanya penambahan beban limpasan tersebut, MAB pada titik J7 mengalami peningkatan setinggi 20 cm terhadap kondisi eksisting pada periode ulang 2 tahun dan 25 cm untuk periode ulang 10 tahun. MAB pada titik J7 berada pada elevasi 684,27 mdpl untuk periode ulang 2 tahun dan 684,43 mdpl untuk periode ulang 10 tahun. Untuk periode ulang 2 tahun, MAB masih menyisakan tinggi jagaan setinggi 13 cm dari tinggi tanggul kanan yang berada pada elevasi 684,43 mdpl. Sedangkan pada skenario periode ulang 10 tahun, MAB tidak menyisakan tinggi jagaan sama sekali.

Selain itu, jika dilihat pada penampang memanjang saluran Ranca Mekar (Gambar 15), pada beberapa ruas saluran terdapat kondisi di mana MAB saluran melebihi kapasitas saluran yang ada. Misal pada segmen J10-J11 MAB berada pada level 684,04 mdpl untuk periode ulang 2 tahun dan 684,2 mdpl untuk periode ulang 10 tahun sedangkan tanggul kanan dan kiri saluran segmen J10-J11 berada pada level 683,91 mdpl.

Jika ditelusuri lebih lanjut, terdapat beberapa faktor yang menyebabkan MAB pada saluran Ranca Mekar tidak mencukupi. Faktor yang pertama adalah debit limpasan tambahan yang cukup besar dan tidak terkendali. Berdasarkan Gambar 14, debit maksimum limpasan yang berasal dari kawasan rumah ibadah adalah  $0,034 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk periode ulang 2 tahun dan  $0,043 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk periode ulang 10 tahun. Nilai ini sangat kecil jika dibandingkan dengan debit maksimum limpasan dari kawasan Barat yang bernilai  $0,111 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk periode ulang 2 tahun dan  $0,155 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk periode ulang 10 tahun. Dari nilai ini bisa disimpulkan bahwa kawasan Barat memberikan kontribusi limpasan lebih dari 70% dari total limpasan tambahan pada saluran Ranca Mekar.

Walaupun peningkatan MAB pada titik J7 akibat pengembangan kawasan mencapai 25 cm untuk periode ulang 10 tahun, kondisi ini belum

menimbulkan risiko genangan langsung karena kapasitas saluran pada segmen tersebut masih mencukupi. Namun, beban limpasan tambahan dari kawasan pengembangan memperburuk kondisi pada segmen J10-J11, yang merupakan titik *bottleneck* akibat penyempitan dan kemiringan saluran yang menanjak. Pada segmen ini, hasil simulasi menunjukkan bahwa MAB dapat melampaui elevasi tanggul drainase hingga 30 cm pada model 1D. Nilai ini diperkirakan akan lebih rendah di lapangan mengingat keterbatasan model 1D yang tidak dapat memodelkan aliran menyebar ke jalan. Berdasarkan hal tersebut, akibat adanya peningkatan limpasan ini akan berakibat pada terganggunya aktivitas lalu lintas dan warga yang berada di sekitar jalan Ranca Mekar.

Untuk melihat dampak pembangunan rumah ibadah terhadap MAB pada saluran Ranca Mekar, dilakukan perhitungan ulang dimana debit limpasan pada titik J7 hanya mempertimbangkan debit limpasan yang berasal dari kawasan rumah ibadah saja. Gambar 16 menunjukkan rangkuman dari profil memanjang dari saluran Ranca Mekar pada ketiga kondisi, kondisi eksisting, kondisi dimana debit limpasan kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat diperhitungkan, dan kondisi dimana debit limpasan kawasan Barat tidak diperhitungkan.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa debit limpasan yang berasal hanya dari kawasan rumah ibadah tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan MAB pada saluran Ranca Mekar. Tabel 3 merupakan rangkuman elevasi MAB pada titik J7 untuk ketiga kondisi. Dari tabel tersebut, MAB pada titik J7 hanya meningkat setinggi 5 cm pada periode ulang 2 tahun untuk kondisi kedua dan 6 cm untuk periode ulang 10 tahun.

Berdasarkan hal tersebut, pengendalian limpasan khususnya pada kawasan Barat menjadi penting. Untuk pengendalian limpasan ini dapat digunakan konsep *Low Impact Development* (LID) seperti yang dilakukan oleh (Kim et al., 2018). Dari hasil studi tersebut, pengurangan limpasan dengan penerapan sistem LID dapat mencapai 30% namun hal ini sangat bergantung dari konsep perencanaan tata ruang dan luasan daerah yang dapat dimanfaatkan untuk menerapkan sistem LID. Mengingat perencanaan tata ruang kawasan Barat belum tersedia maka perlu adanya penelitian lanjutan mengenai hal ini.

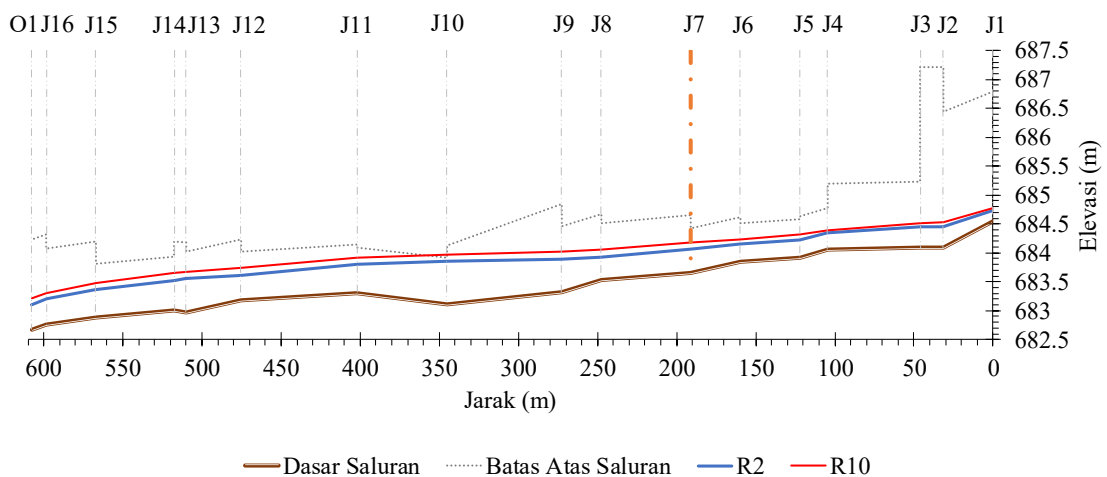
Faktor kedua adalah terjadinya penyempitan pada segmen saluran J10-J11 serta kemiringan saluran yang menanjak sehingga menimbulkan efek *backwater* pada titik tersebut. Hal ini terbukti pada kondisi eksisting sekalipun, pada titik tersebut air

tertahan yang mengakibatkan kenaikan MAB pada segmen-segmen sebelumnya. Alternatif solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan normalisasi pada titik J11 sehingga kemiringan J10-J11 menjadi landai atau melakukan pelebaran

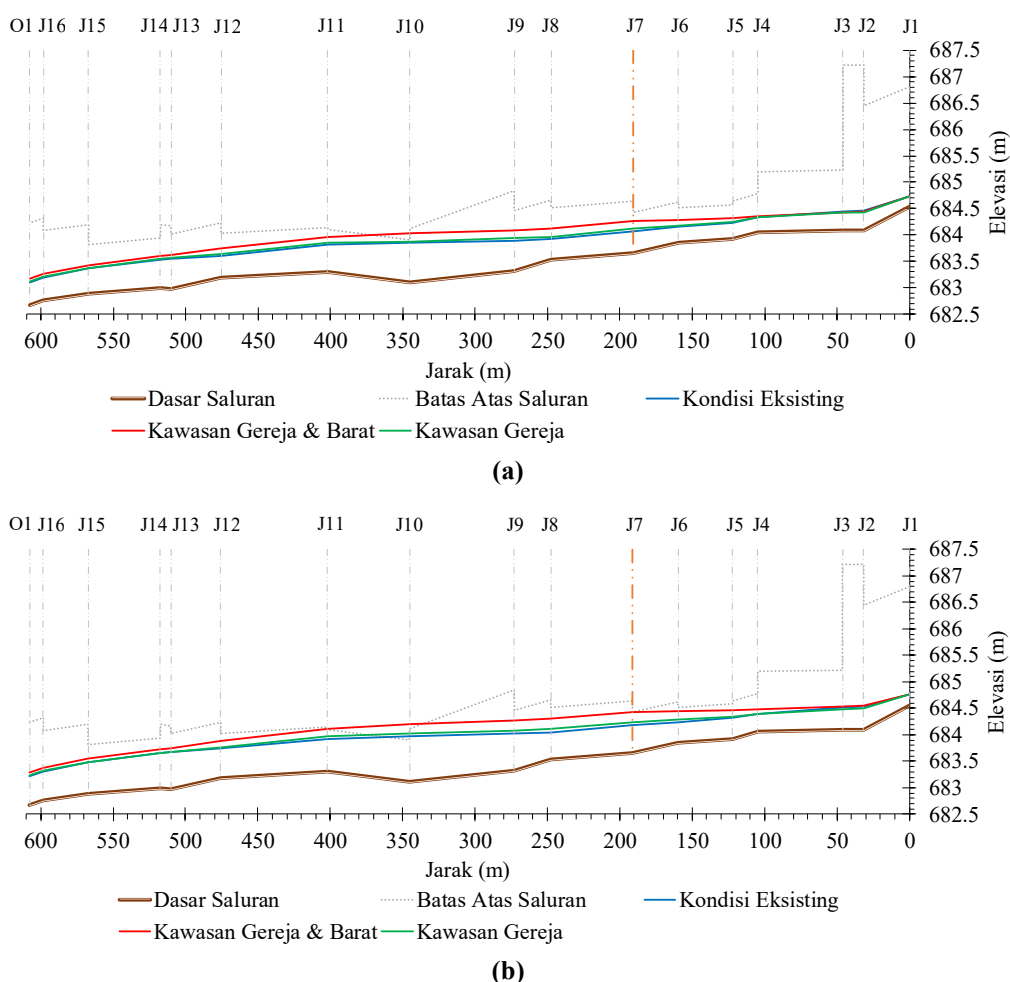
dimensi saluran pada segmen J10. Berdasarkan hasil inventarisasi saluran, segmen saluran J10-j11 memiliki lebar bawah 1,2 m dengan tinggi 0,8 m seperti yang terlihat pada Gambar 17.

**Tabel 2** Parameter hujan-limpasan pada kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat

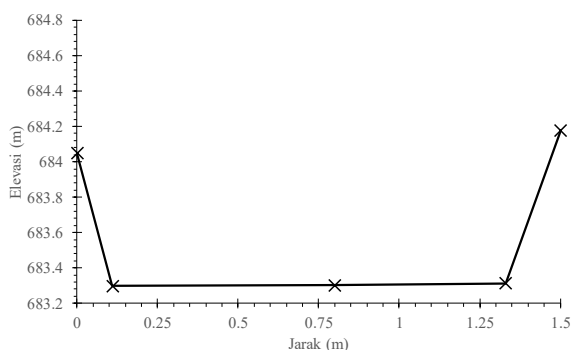
DTA	Area (Ha)	Lebar (m)	Kemiringan (%)	Impervious (%)	CN
<b>Kawasan rumah ibadah</b>					
A	0,045	9,65	0,004	60	83
B	0,076	20,64	0,004	70	98
C	0,013	15,02	0,015	70	98
D	0,011	16,52	0,015	70	98
E	0,013	21,25	0,015	70	98
F	0,013	21,25	0,015	70	98
G	0,052	13,90	6,056	100	92
H	0,052	13,90	6,056	100	92
I	0,011	4,92	0,004	70	98
J	0,016	5,84	0,004	70	98
K	0,046	10,93	0,024	70	98
L	0,041	13,05	0,024	70	98
M	0,029	7,65	0,021	70	98
N	0,051	8,80	9,063	100	92
O	0,011	3,50	0,021	70	98
P	0,004	3,50	0,035	70	98
<b>Kawasan Barat rumah ibadah</b>					
S4	1,7	75,80	0,195	85	85



**Gambar 15** Profil memanjang kondisi setelah pembangunan MAB saluran Ranca Mekar untuk periode ulang 2 dan 10 tahun



**Gambar 16** Profil memanjang pada beberapa kondisi MAB saluran Ranca Mekar untuk periode ulang (a) 2 tahun dan (b) 10 tahun

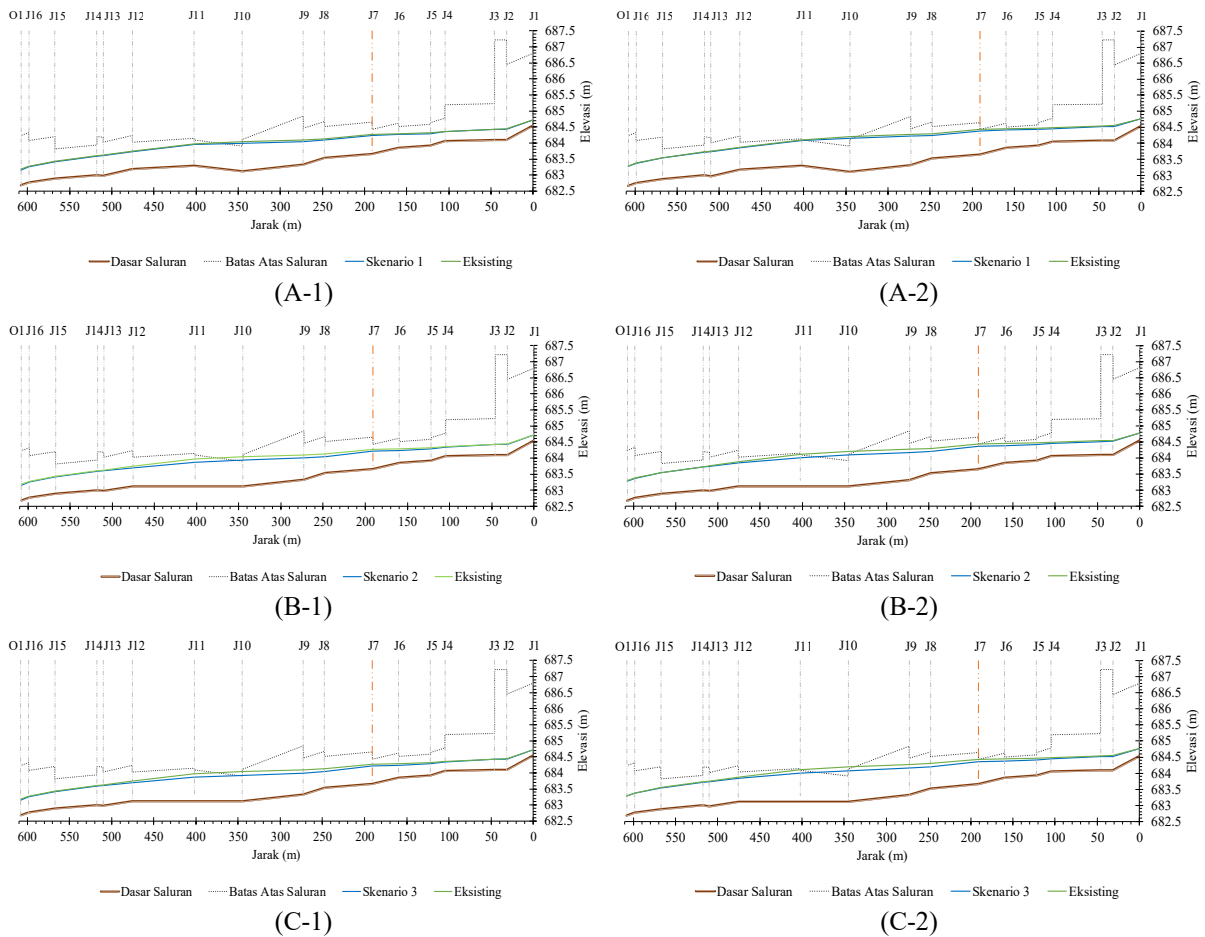


**Gambar 17** Potongan melintang saluran J10-J11

Pada studi ini, dikaji tiga skenario untuk mengatasi permasalahan *backwater* pada segmen J10-J11. Skenario pertama adalah dengan memperlebar saluran pada J10-J11 menjadi sama seperti lebar pada segmen saluran J9-J10, yaitu 1,62 m. Skenario kedua adalah dengan membuat dasar saluran pada titik J10-J12 pada elevasi 683,11 mdpl. Skenario 3 adalah kombinasi antara skenario 1 dan 2, dimana saluran akan diperlebar dan kemiringan

dasar saluran juga akan dibuat menjadi lebih landai. Hasil ketiga skenario ini akan dibandingkan dengan MAB pada saluran Ranca Mekar pada kondisi setelah pembangunan dengan mempertimbangkan debit tambahan dari kawasan Barat. Dalam perbandingan ini, kondisi ini disebut sebagai kondisi eksisting.

Gambar 18 menunjukkan profil MAB di saluran Ranca Mekar untuk skenario 1-3 pada periode ulang 2 dan 10 tahun. Dapat dilihat bahwa pelebaran saluran pada segmen J10-J11 tidak secara signifikan menurunkan MAB pada titik J10. Berdasarkan hasil analisis, dengan melakukan pelebaran saluran MAB pada titik J10 menurun sejauh 5 cm dibandingkan dengan kondisi eksisting. Untuk skenario 2, elevasi MAB berhasil turun lebih signifikan dibandingkan dengan skenario, yaitu sejauh 11 cm baik untuk periode ulang 2 maupun 10 tahun. Skenario 3, dimana saluran diperlebar dan diperlandai, MAB yang berhasil diturunkan tidak jauh berbeda dengan skenario 2, yaitu 12 cm baik untuk periode ulang 2 maupun 10 tahun.



**Gambar 18** Profil MAB saluran Ranca Mekar untuk skenario (A) 1, (B) 2, dan (C) 3 untuk periode ulang (1) 2 tahun dan (2) 10 tahun

Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi MAB pada titik J10 dengan berbagai skenario. Dapat disimpulkan bahwa dalam studi ini, dengan mengubah kemiringan saluran Ranca Mekar MAB pada titik J10 dapat diturunkan secara signifikan. Dengan melakukan pelebaran dan pelandaian saluran pada segmen J10-J12, permasalahan banjir pada saluran Ranca Mekar akibat pembangunan kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat dapat diatasi untuk periode ulang 2 tahun. Sayangnya pada periode ulang 10 tahun, MAB pada titik tersebut masih melebihi kapasitas saluran drainase yang ada.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kontribusi limpasan terbesar berasal dari pengembangan kawasan Barat. Di dalam studi ini tidak dibahas mengenai pengendalian limpasan yang berasal dari kawasan tersebut mengingat keterbatasan yang ada. Namun berdasarkan hasil analisis sederhana, diperoleh bahwa debit limpasan kawasan Barat harus direduksi dari 0,155 m<sup>3</sup>/s menjadi 0,13 m<sup>3</sup>/s agar tidak menyebabkan luapan pada saluran drainase Ranca Mekar.

**Tabel 3** Rekapitulasi MAB pada titik J10 dengan berbagai skenario

Skenario	MAB Q2	MAB Q10
Eksisting	684,04 mdpl	684,20 mdpl
1	683,99 mdpl	684,15 mdpl
2	683,93 mdpl	684,09 mdpl
3	683,92 mdpl	684,06 mdpl

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis, dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait pengaruh peningkatan muka air banjir (MAB) pada Saluran Ranca Mekar akibat pembangunan kawasan rumah ibadah dan kawasan Barat.

Pengembangan kedua kawasan tersebut menyebabkan saluran Ranca Mekar menerima beban limpasan tambahan sebesar 0,145 m<sup>3</sup>/s untuk periode ulang 2 tahun dan 0,198 m<sup>3</sup>/s untuk periode ulang 10 tahun. Tambahan debit limpasan ini mengakibatkan peningkatan MAB yang signifikan, khususnya pada titik J7, dengan kenaikan sebesar 20-25 cm untuk periode ulang 2 dan 10 tahun. Fenomena serupa juga dilaporkan pada

berbagai lokasi lain, di mana perubahan tata guna lahan berdampak langsung terhadap peningkatan MAB pada badan air penerima, meskipun besarnya peningkatan bervariasi tergantung pada tingkat perubahan lahan yang terjadi (Baky et al., 2020; Christian et al., 2017; KC et al., 2021; Wu et al., 2020).

Selain itu, penambahan beban limpasan menyebabkan terjadinya luapan pada segmen J10-J11. Luapan tersebut disebabkan oleh debit limpasan yang tinggi, serta diperparah oleh penyempitan penampang dan kemiringan dasar saluran yang menanjak. Kondisi tersebut menimbulkan efek *backwater* yang menghambat kelancaran aliran.

Studi ini mengkaji beberapa alternatif solusi yang mungkin dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa pelebaran kemiringan dasar saluran serta pelebaran dimensi saluran pada segmen J10-J11 mampu mereduksi MAB sebesar 11 cm, baik untuk periode ulang 2 maupun 10 tahun. Namun demikian, pada periode ulang 10 tahun, MAB masih berada di atas elevasi tanggul drainase.

Berdasarkan hasil tersebut, upaya reduksi MAB pada Saluran Ranca Mekar perlu dilakukan melalui normalisasi saluran, yaitu dengan pelebaran dan pelebaran kemiringan dasar saluran. Selain itu, diperlukan pemeliharaan rutin untuk mengendalikan sedimentasi yang berpotensi mengurangi kapasitas saluran. Mengingat dalam studi ini belum dipertimbangkan upaya pengendalian limpasan akibat pengembangan kawasan, khususnya kawasan Barat yang berkontribusi lebih dari 70% terhadap total limpasan tambahan, maka penelitian selanjutnya perlu mengkaji secara mendalam strategi pengelolaan limpasan permukaan, baik pada kawasan rumah ibadah maupun kawasan Barat, termasuk penerapan konsep LID.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG serta Komunitas Bidang Ilmu Teknik Sumber Daya Air Universitas Katolik Parahyangan atas dukungan pendanaan dan penyediaan data yang diperlukan dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ahamed, S. M. F., & Agarwal, S. (2019). Urban flood modeling and management using SWMM for new R.R. pet region, Vijayawada, India. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6C2).

Baky, M. A. Al, Islam, M., & Paul, S. (2020). Flood Hazard, Vulnerability and Risk Assessment for

Different Land Use Classes Using a Flow Model. *Earth Systems and Environment*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00141-w>

Barreiro, J., Santos, F., Ferreira, F., Neves, R., & Matos, J. S. (2023). Development of a 1D/2D Urban Flood Model Using the Open-Source Models SWMM and MOHID Land. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010707>

Bibi, T. S., Kara, K. G., Bedada, H. J., & Bedada, R. D. (2023). Application of PCSWMM for assessing the impacts of urbanization and climate changes on the efficiency of stormwater drainage systems in managing urban flooding in Robe town, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101291>

Chow, V. Te. (1965). Handbook of applied hydrology. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/02626666509493376>

Christian, K., Yudianto, D., & Rusli, S. R. (2017). Analisis Pola Distribusi Hujan Terhadap Perhitungan Debit Banjir Das Cikapundung Hulu Time-Distribution Analysis For Flood Discharge Computation: Case Study Upper Cikapundung Watershed. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(3), 153–160.

Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464–465. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.057>

Dutal, H. (2023). Determining the effect of urbanization on flood hazard zones in Kahramanmaraş, Turkey, using flood hazard index and multi-criteria decision analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10693-6>

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). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04480-0>

Hapuarachchi, H. A. P., Wang, Q. J., & Pagano, T. C. (2011). A review of advances in flash flood forecasting. *Hydrological Processes*, 25(18). <https://doi.org/10.1002/hyp.8040>

Hollis, G. E. (1975). The effect of urbanization on floods of different recurrence interval. *Water Resources Research*, 11(3). <https://doi.org/10.1029/WR011i003p00431>

Hua, P., Yang, W., Qi, X., Jiang, S., Xie, J., Gu, X., Li, H., Zhang, J., & Krebs, P. (2020). Evaluating the effect of urban flooding reduction strategies in response to design rainfall and low impact development. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118515>

- Huong, H. T. L., & Pathirana, A. (2013). Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(1). <https://doi.org/10.5194/hess-17-379-2013>
- Hutagaol, S. M., E. Ball, J., Suhartanto, E., & Wahyuni, S. (2023). The Evaluation of GPM IMERG v.06 Rainfall Product over the Lau Simeme Watershed in Indonesia. *Civil and Environmental Science*, 006(01). <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2023.00601.5>
- Juma, B., Olang, L. O., Hassan, M. A., Mulligan, J., & Shiundu, P. M. (2022). Simulation of flood peak discharges and volumes for flood risk management in the ungauged urban informal settlement of Kibera, Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103236>
- KC, S., Shrestha, S., Ninsawat, S., & Chonwattana, S. (2021). Predicting flood events in Kathmandu Metropolitan City under climate change and urbanisation. *Journal of Environmental Management*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111894>
- Kim, J., Lee, J., Song, Y., Han, H., & Joo, J. (2018). Modeling the runoff reduction effect of low impact development installations in an industrial area, South Korea. *Water (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/w10080967>
- Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Urbanization and climate change implications in flood risk management: Developing an efficient decision support system for flood susceptibility mapping. *Science of the Total Environment*, 636. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.282>
- Majeed, S., & Chinnamma, M. A. (2021). Design of urban drainage system using SWMM. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 8(6).
- Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. In *Journal of Hydrology: Regional Studies* (Vol. 12). <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>
- Nanda Pratama, G., Suwarman, R., Dewa Gede Agung Junnaedhi, I., Riawan, E., & Anugrah, A. (2017). Comparison landslide-triggering rainfall threshold using satellite data: TRMM and GPM in South Bandung area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 71(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/71/1/012003>
- Nurhamidah, N., Junaidi, A., & Yogyantoro, A. H. (2023). Performance Evaluation of the Urban Drainage Network Structure Using the SWMM Model. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(2). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.2.16986>
- Pan, C., Wang, X., Liu, L., Huang, H., & Wang, D. (2017). Improvement to the huff curve for design storms and urban flooding simulations in Guangzhou, China. *Water (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/w9060411>
- Pratiwi, D. W., & Satria Negara, A. (2023). Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Metode Empiris dalam Perhitungan Debit Banjir Rencana DAS Jurug. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v3i1.55>
- Prokešová, R., Horáčková, Š., & Snopková, Z. (2022). Surface runoff response to long-term land use changes: Spatial rearrangement of runoff-generating areas reveals a shift in flash flood drivers. *Science of the Total Environment*, 815. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151591>
- Rossman, L. A. (2017). Stormwater management model reference manual Volume II -Hydraulics. *Report (USEPA), II(EPA/600/R-17/111)*.
- Rossman, L. A., & Huber, W. C. (2016). Stormwater management model reference manual – Volume I Hydrology (Revised). *Environmental Protection Agency, I(EPA/600/R-17/111)*.
- Salah Abd Elmoaty, M., & T. A, E. S. (2020). Manning roughness coefficient in vegetated open channels. *Water Science*, 34(1). <https://doi.org/10.1080/11104929.2020.1794706>
- Sañudo, E., Cea, L., & Puertas, J. (2020). Modelling pluvial flooding in urban areas coupling the models iber and SWMM. *Water (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/w12092647>
- Shi, P. J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J. A., Ge, Y., & Qiu, G. Y. (2007). The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. *Catena*, 69(1). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.015>
- USDA. (1972). Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Section 4: Hydrology, Chapters 4-10. *National Engineering Handbook*, 4.
- Wijaya, O. T., Yudianto, D., Fitriana, F., & Sanjaya, S. (2024). Prediksi Dampak Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Debit Limpasan, Studi Kasus: Gereja Rancasari. *Jurnal Sumber Daya Air*, 20(2), 87–98. <https://doi.org/10.32679/jsda.v20i2.900>
- Wu, Z., Zhou, Y., Wang, H., & Jiang, Z. (2020). Depth prediction of urban flood under different rainfall return periods based on deep learning and data warehouse. *Science of the Total Environment*, 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137077>
- Zhu, Z., & Chen, X. (2017). Evaluating the effects of low impact development practices on urban flooding under different rainfall intensities. *Water (Switzerland)*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/w9070548>