

PREDIKSI DAMPAK PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN TERHADAP DEBIT LIMPASAN, STUDI KASUS: GEREJA RANCASARI

PREDICTION OF LAND USE CHANGE IMPACT ON RUNOFF, CASE STUDY: RANCASARI CHURCH

Obaja Triputera Wijaya^{1)*} Doddi Yudianto¹⁾ Finna Fitriana¹⁾ Stephen Sanjaya¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung, Indonesia

*Corresponding email: obaja.wijaya@unpar.ac.id

Diterima: 26 April 2024; Direvisi: 23 September 2024; Disetujui: 21 Oktober 2024

ABSTRACT

Flooding is one of the most frequent natural disasters in Indonesia. Based on data, as of 2024, there have been 137 cases of flooding incidents. One of the causes of flooding, particularly in urban areas, is due to land use change. This study examines the impact of land use changes on runoff discharge in a Church area in the Bandung City. Additionally, this study investigates the effect of the development of this area on flood water levels in the Riung channel, which serves as an outlet channel. In this study, modeling is conducted using the SWMM model. The study utilizes data from the BMKG Bandung and GPM satellite rainfall data from 2001 to 2022 for rainfall analysis. The results indicate that in the study area, the duration of extreme rainfall producing maximum discharge is rainfall lasting for 7 hours. As a result of the church development, runoff discharge increases by 26.3 – 34.4% across various return periods. For time to peak, there is no significant change in conditions before and after the area is developed. This is due to area is relatively small, resulting in a relatively shorter concentration time. Based on the hydraulic analysis, the Riung channel is still able to accommodate additional runoff generated due to development, leaving a freeboard height of 4.5 cm for a 10-year return period. However, based on observations, special attention is needed regarding the issue of sedimentation and trash, which often causes backflow in several segments of the trenches.

Keywords: runoff, land use change, urban drainage, SWMM, Bandung

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana alami yang paling sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan data, sampai dengan tahun 2024 sudah terjadi 137 kasus kejadian banjir. Salah satu penyebab terjadinya banjir, khususnya daerah perkotaan, adalah akibat adanya perubahan tata guna lahan. Studi ini melakukan kajian mengenai dampak perubahan tata guna lahan terhadap debit limpasan pada sebuah kawasan Gereja di Kota Bandung. Selain itu, studi ini juga mengkaji dampak pengembangan kawasan ini terhadap muka air banjir pada saluran Riung yang berperan sebagai saluran outlet. Dalam studi ini, pemodelan dilakukan menggunakan model SWMM. Studi ini menggunakan data BMKG Bandung dan data hujan satelit GPM dari tahun 2001-2022 untuk analisis curah hujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada daerah studi, durasi hujan ekstrem yang menghasilkan debit maksimum adalah hujan berdurasi 7 jam. Akibat adanya pengembangan kawasan gereja ini, debit limpasan meningkat sebesar 26,3 – 34,4% pada berbagai periode ulang. Untuk waktu puncak, tidak terjadi perubahan signifikan baik pada kondisi sebelum dan sesudah kawasan terbangun. Hal ini disebabkan karena luas kawasan yang tidak terlalu besar, sehingga waktu konsentrasi relatif lebih singkat. Berdasarkan hasil kajian hidraulika yang dilakukan, saluran Riung masih mampu mengalirkan limpasan tambahan yang dihasilkan akibat adanya pembangunan dengan menyisakan tinggi jagaan setinggi 4,5 cm pada periode ulang 10 tahun. Namun demikian berdasarkan hasil pengamatan, perlu ada perhatian khusus terkait permasalahan sedimentasi sampah yang sering kali menyebabkan aliran balik pada beberapa segmen gorong-gorong.

Kata Kunci: debit limpasan, perubahan tataguna lahan, drainase perkotaan, SWMM, Bandung

PENDAHULUAN

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dari tahun 2014-2024 terjadi 7.857 kasus bencana banjir. Pada tahun 2024, sampai dengan saat ini sudah tercatat 137 kasus (BNPB, 2024). Banjir memiliki beberapa kategori dimana salah satu kategori yang paling sering terjadi dan menyebabkan kerugian terbesar adalah banjir pluvial. Secara sederhana, banjir pluvial dapat didefinisikan sebagai banjir yang terjadi akibat ketidakcukupan kapasitas drainase dalam mengendalikannya limpasan (Wijaya et al., 2023). Berdasarkan definisi tersebut, banjir pluvial sering kali terjadi khususnya pada daerah perkotaan.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan limpasan permukaan melebihi kapasitas saluran drainase. Selain tingginya intensitas hujan yang tinggi serta durasi hujan yang singkat, faktor utama yang masih menjadi persoalan adalah meningkatnya limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan (Setyawan et al., 2018; Hifzhi et al., 2024). Akibat adanya pengembangan kawasan, lahan terbuka menjadi berkurang yang mengakibatkan jumlah infiltrasi yang menurun dan diikuti oleh meningkatnya limpasan permukaan.

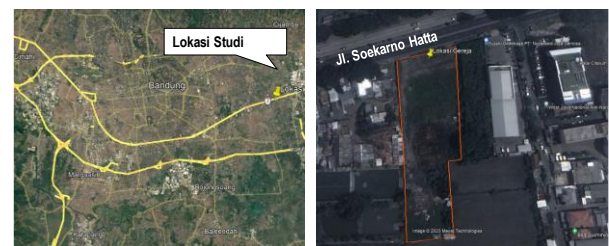
Beberapa studi menunjukkan adanya korelasi antara berkurangnya lahan terbuka terhadap peningkatan limpasan permukaan (Alshammari et al., 2023). Yudianto et al (2023) menunjukkan terjadi peningkatan volume limpasan sebesar 28% dan peningkatan debit puncak limpasan sebesar 35% akibat pengembangan kawasan seluas 400 ha di kota Bogor. Studi serupa dilakukan di kota Handan, Cina dengan luas 91,7 km² dimana terjadi peningkatan lahan tertutup dari 32,43% menjadi 76,47% dari tahun 1987-2017. Dampaknya adalah total volume limpasan meningkat dari 78.900 m³ menjadi 385.000 m³ (Liu et al., 2022).

Berdasarkan fenomena tersebut, perencanaan sebuah sistem drainase yang matang diperlukan guna meminimalisir dampak akibat pengembangan sebuah kawasan. Untuk dapat melakukan hal tersebut, studi mengenai dampak peningkatan debit limpasan perlu dilakukan. Studi ini bertujuan untuk memprediksi peningkatan debit limpasan akibat adanya perubahan tata guna lahan pada kawasan gereja dan dampaknya terhadap sistem drainase eksisting kota yang sudah ada.

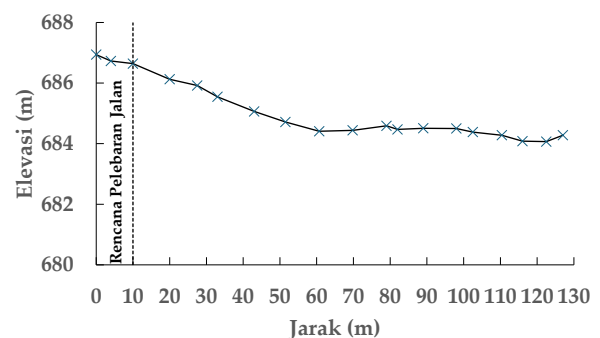
Studi ini diambil pada sebuah kawasan di Bandung Timur yang akan dibangun sebagai sebuah rumah ibadah dengan luas 0,5 ha, lihat gambar 1. Berdasarkan hasil pengukuran, elevasi tanah kawasan lebih rendah dibandingkan dengan elevasi jalan utama yang berada di sisi Utara. Gambar 2

menunjukkan potongan melintang dari elevasi tanah asli kawasan. Hal ini menyebabkan limpasan dari kawasan tidak dapat dialirkan menuju sistem drainase jalan raya yang berada di sebelah Utara.

Selain itu, lokasi lahan yang terhimpit oleh kawasan disekitarnya, menyebabkan kawasan tidak memiliki outlet dimana limpasan dapat dialirkan secara gravitasi. Satu-satunya solusi yang dapat diterapkan adalah dengan mengalirkan limpasan menuju saluran drainase yang berada di jalan Riung Mekar (pada studi ini, saluran drainase ini akan disebut sebagai saluran Riung). Gambar 3 menunjukkan lokasi outlet dan posisi dari saluran drainase Riung. Pada studi ini, selain dampak perubahan tataguna lahan terhadap peningkatan debit limpasan, juga akan dikaji mengenai dampak peningkatan debit limpasan pada kawasan terhadap kapasitas saluran drainase Riung.



Gambar 1 Lokasi studi



Gambar 2 Potongan melintang lahan

METODOLOGI

Ketersediaan Data

Untuk menunjang analisis yang dilakukan dalam studi ini, maka diperlukan beberapa data. Data utama yang dibutuhkan dalam studi ini adalah data hujan harian maksimum tahunan (HHMT). Stasiun hujan yang tersedia pada lokasi studi adalah stasiun hujan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data hujan yang tersedia sangat panjang, dimulai dari tahun 1975-2022. Walaupun data yang tersedia cukup panjang, lokasi stasiun hujan ini cukup berjauhan dengan lokasi studi lebih dari 11 km, lihat Gambar 4. Untuk itu, pada studi ini digunakan data hujan satelit sebagai pembanding.



Gambar 3 Skematisasi arah aliran serta posisi outlet dan saluran Riung

Pada studi ini, produk hujan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) digunakan sebagai data pembanding. Dikarenakan lokasi studi yang tidak terlalu besar, maka lokasi studi hanya berada dalam satu grid GPM yang berukuran $10 \times 10 \text{ km}^2$. Data GPM yang tersedia lebih pendek dibandingkan dengan stasiun hujan BMKG yaitu dari tahun 2001-2022. Berdasarkan hasil studi sebelumnya, data hujan satelit perlu dibandingkan dan dikoreksi terlebih dahulu sebelum dapat digunakan (Mamenun dan Sophaheluwan, 2014; Wijaya et al., 2020). Gambar 5 menunjukkan perbandingan data hujan harian antara BMKG dan GPM.



Gambar 4 Lokasi pos hujan BMKG Bandung dan *grid* hujan satelit GPM

Selain data hujan, data yang dimiliki adalah data potongan melintang pada saluran Riung sebagai badan penerima limpasan dari kawasan. Total potongan melintang yang dimiliki sebanyak 17 titik dengan jarak rata-rata masing-masing titik berkisar 20-30 m.

Analisis Hujan

Seperti yang tertuang di dalam Permen PUPR terkait dengan sistem drainase perkotaan (2014),

sistem drainase harus direncanakan berdasarkan hujan rencana dengan tingkat kala ulang yang sesuai. Besaran hujan kala ulang ini didasarkan kepada luasan kawasan yang akan dikembangkan. Secara umum, besaran kala ulang berbanding terbalik dengan total jumlah kejadian hujan (Chow et al, 1988 ; Suripin 2003). Sebelum data hujan dapat digunakan dalam analisis, data hujan perlu divalidasi terlebih dahulu. Uji kelayakan ini meliputi uji pencilan, uji kecenderungan, uji kestabilan terhadap rata-rata dan simpangan baku, dan uji kemandirian (Rao dan Hamed, 2000; Rinaldi et al., 2018).

Setelah data dinyatakan layak untuk digunakan, langkah berikutnya adalah penentuan curah hujan rencana dengan menggunakan probabilitas distribusi *General Extreme Value* (GEV). Jenis probabilitas ini dipilih dikarenakan beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa GEV memberikan korelasi yang baik dibandingkan dengan distribusi probabilitas lainnya (Jefferin et al., 2018; Gentulucci et al, 2023)

Analisis Hujan Limpasan

Dalam studi ini, analisis hujan limpasan menggunakan piranti lunak *Storm Water Management Model* (SWMM). SWMM menggambarkan sebuah daerah tangkapan sebagai area berbentuk persegi yang memiliki kemiringan lahan (S) serta lebar lahan (W) yang seragam dimana air yang jatuh akan mengalir menuju satu titik outlet. Untuk mengubah hujan menjadi limpasan, SWMM menggunakan metode tampungan non-linear dengan persamaan sebagai berikut (Rossman, 2016^a):

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

Dimana:

d : kedalaman air di dalam tampungan (m)

t : waktu (s)

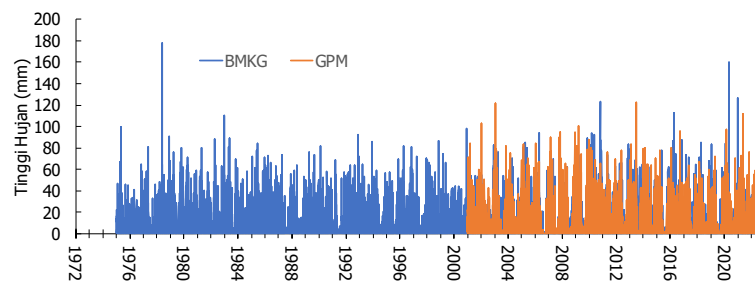
i : laju presipitasi (hujan dan salju) (m/s)

e : laju evaporasi permukaan (m/s)

f : laju infiltrasi (m/s)

q : laju limpasan (m/s)

Laju limpasan, q (m/s) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Manning, lihat persamaan (2), dimana tinggi aliran diasumsikan sebagai selisih dari kedalaman air di dalam tampungan, d (m), dan tampungan retensi/*depression storage*, ds (m). Tampungan retensi/*depression storage* merupakan sebuah volume yang harus diisi atau hilang sebelum limpasan terjadi baik pada daerah terbuka maupun tertutup (Viessmaan dan Lewis, 2003).



Gambar 5 Data hujan BMKG dan GPM

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

Laju infiltrasi (f) atau kehilangan air dapat diaproksimasi dengan menggunakan beberapa metode seperti metode Horton, Green-Ampt, dan metode *Curve Number* (CN) dari *Soil Conservation Service* (SCS). Dalam studi ini digunakan metode Horton untuk mensimulasikan laju infiltrasi. Namun berdasarkan hasil pengujian tanah yang dilakukan, muka air tanah pada daerah studi cukup tinggi, sehingga kemampuan tanah dalam meresapkan air cukup rendah dan dapat diabaikan, lihat Gambar 6.

Selain besaran nilai tampungan retensi, besaran lain yang perlu diperhatikan adalah persentase daerah terbuka dan tertutup pada sebuah kawasan. SWMM membagi kawasan menjadi tiga kategori, pertama adalah kawasan terbuka (*pervious area*), kawasan tertutup dengan tampungan retensi (*impervious area with depression storage*), dan kawasan tertutup sempurna (*zero impervious area*).

Analisis Hidraulika

Sama seperti analisis hidrologi, pada studi ini analisis hidraulika pada saluran menggunakan piranti lunak SWMM. Persamaan yang digunakan pada SWMM adalah persamaan St Venant, lihat persamaan di bawah ini.

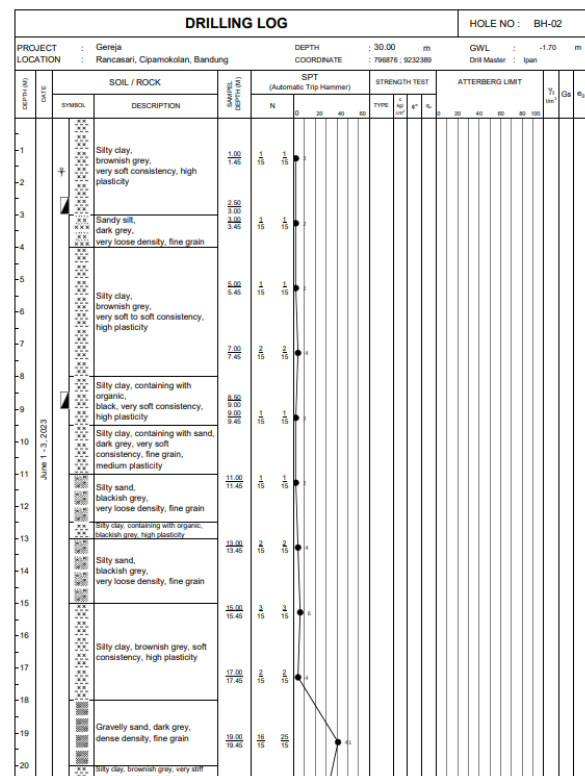
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \quad \dots(3)$$

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

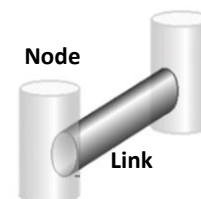
Dimana Q (m^3/s) adalah debit, A (m^2) adalah luas penampang aliran, H (m) menyatakan tinggi hidraulik ($Z+Y$) aliran, S_f (m/m) menyatakan kemiringan garis energi, q_L (m^3/s) menyatakan *lateral inflow*, dan g (m/s^2) adalah percepatan gravitasi.

Untuk menyelesaikan persamaan (2)-(3), SWMM menggunakan modul EXTRAN (*Extended Transport*) yang telah dikembangkan dari tahun 1981 (Roesner et al., 1983; Rossmann, 2016^b) dimana St. Venant didiskritasi dengan metode *node-link*. Sedikit berbeda dengan diskritasi metode beda hingga pada umumnya, dimana pada setiap titik terdapat dua parameter, Q dan A . Metode *node-link*

mendeskritasi persamaan menjadi sebuah titik dan garis (Gambar 7), dimana titik merepresentasikan sebuah inlet/outlet dan link merepresentasikan sebuah *conduit*/saluran. Sehingga pada node dan link hanya memiliki masing-masing satu parameter, Q atau A .



Gambar 6 Data Drilling Log



Gambar 7 Ilustrasi diskritasi node-link

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rencana

Berdasarkan hasil perbandingan kurva masa ganda (Gambar 8), baik untuk data hujan BMKG

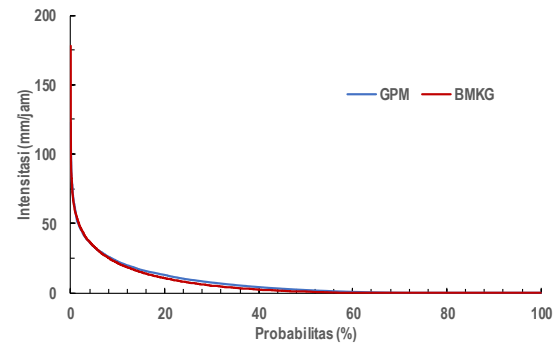
Bandung dan data hujan satelit GPM, terlihat bahwa data hujan satelit GPM memiliki korelasi yang baik terhadap data hujan BMKG Bandung, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,99. Oleh sebab itu, data hujan satelit tidak perlu dikoreksi. Selain itu, hasil uji kelayakan data menunjukkan bahwa semua data hujan dinyatakan layak. Sehingga data hujan BMKG Bandung dan data satelit GPM dapat digunakan untuk menentukan curah hujan rencana.

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis frekuensi untuk data hujan BMKG Bandung dan data hujan satelit GPM untuk berbagai periode ulang. Hasil analisis ini ditemukan bahwa estimasi hujan rencana dari data GPM 10% lebih besar dibandingkan dengan hujan rencana yang diperoleh dari data hujan BMKG Bandung. Selanjutnya, hasil curah hujan rencana ini dicoba dibandingkan dengan data HHMT dari dua seri data hujan yang dianalisis, lihat Gambar 10. Berdasarkan data yang diperoleh, frekuensi terlampaui untuk hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun tercatat sebanyak 9 kali pada data hujan satelit GPM, dan 12 kali untuk data hujan BMKG Bandung. Untuk periode ulang 5 tahun, data satelit GPM terlampaui sebanyak 4 kali dan data BMKG Bandung sebanyak 3 kali. Sementara pada periode ulang 10 tahun, frekuensi terlampaui adalah 3 kali untuk data satelit GPM dan 2 kali untuk data BMKG Bandung.

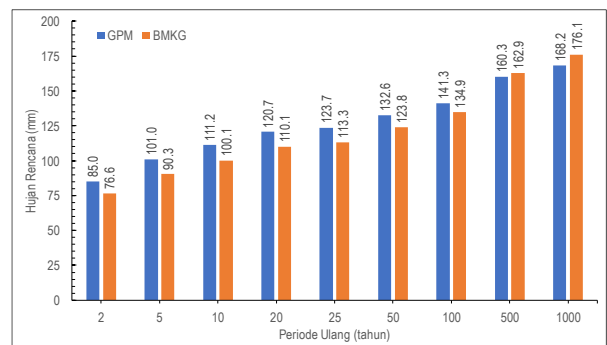
Temuan ini menggarisbawahi perbedaan dalam perilaku ekstrim antara data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan dan pengamatan satelit, menegaskan pentingnya pemilihan data yang digunakan dalam perencanaan sistem drainase yang andal. Berdasarkan hal tersebut, di dalam analisis hujan-limpasan, data satelit GPM digunakan sebagai dasar analisis. Pertimbangan ini didasari mengingat hujan rencana yang dihasilkan dengan menggunakan data satelit GPM lebih tinggi dibandingkan dengan data hujan BMKG Bandung. Dengan tingginya nilai hujan tersebut, dapat memberikan tingkat keamanan yang lebih baik dalam mendesain sistem drainase sehingga risiko banjir dapat diminimalisir.

Durasi Hujan Rencana

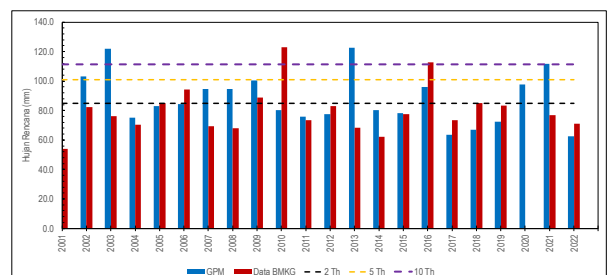
Untuk melakukan analisis hujan-limpasan, model SWMM membutuhkan hyetograf hujan dengan durasi jam-jaman atau yang sering disebut sebagai durasi hujan rencana. Secara ideal, durasi hujan rencana diturunkan berdasarkan hujan aktual, dalam hal ini data hujan BMKG Bandung. Sayangnya, data hujan BMKG Bandung yang tersedia hanya memiliki durasi 24 jam atau harian. Untuk mengatasi hal tersebut, dalam studi ini, durasi hujan rencana diturunkan dari data hujan satelit GPM yang mana data tersedia setiap interval 30 menit.



Gambar 8 Kurva massa ganda BMKG Bandung dan GPM



Gambar 9 Curah hujan rencana BMKG Bandung dan GPM untuk berbagai periode ulang



Gambar 10 Frekuensi terlampaui hujan rencana data satelit GPM

Pada studi ini, dilakukan penelusuran terhadap histori kejadian hujan ekstrim. Gambar 11 menunjukkan persentase hujan kumulatif yang memiliki intensitas lebih besar dari 80 mm/hari. Sepanjang durasi data dari tahun 2001-2022, terdapat 21 kejadian dimana intensitas hujan diatas 80 mm/hari. Berdasarkan data ini juga, hujan ekstrim didominasi oleh hujan dengan durasi 7, 10, 12, dan 14 jam. Distribusi hujan untuk keempat durasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

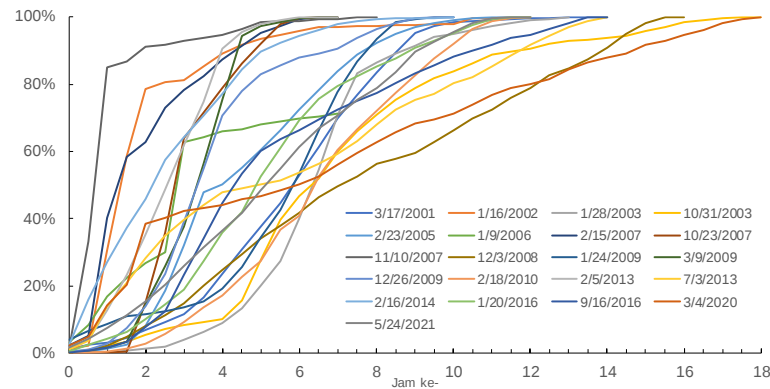
Analisis Debit Limpasan

Dua skenario digunakan untuk menganalisis debit limpasan. Skenario pertama adalah kondisi dimana kawasan gereja belum terbangun dengan presentasi lahan terbuka adalah 100%. Pada skenario kedua, digunakan kondisi dimana kawasan gereja sudah terbangun dengan proporsi

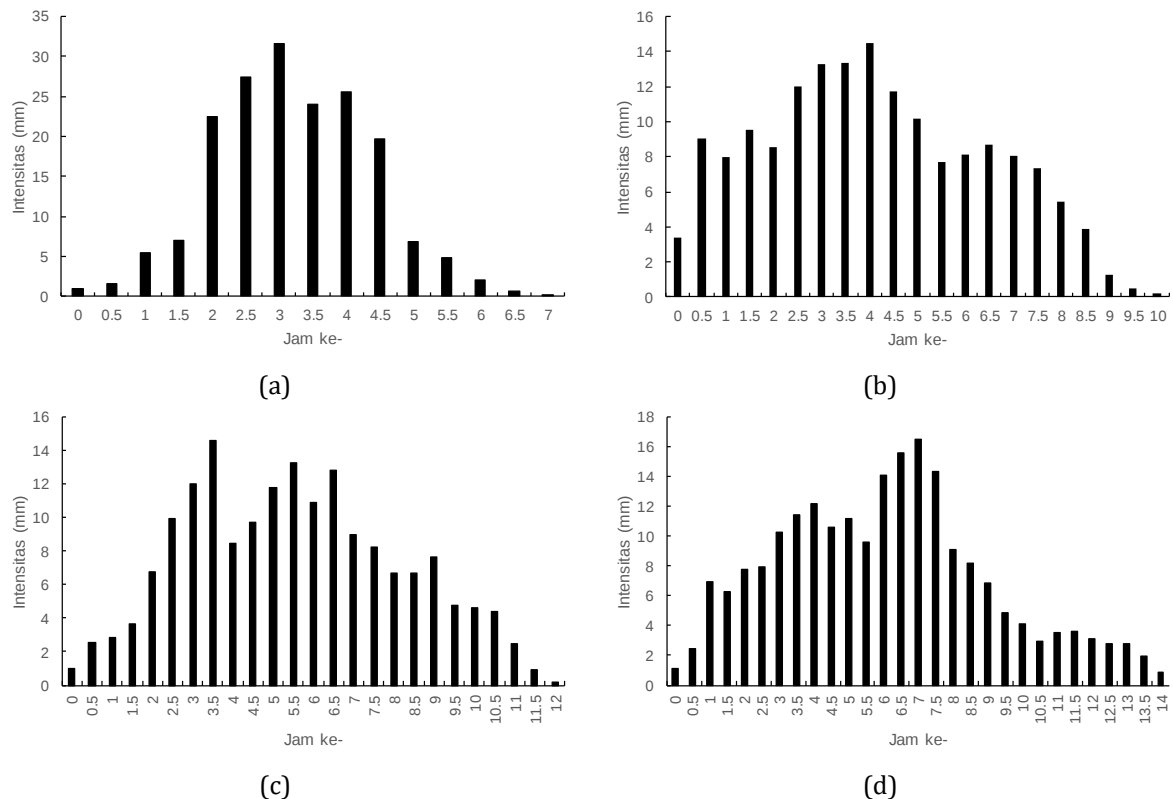
pembagian lahan 60% lahan kawasan tertutup sempurna, dan masing-masing 20% untuk lahan terbuka dan lahan tertutup dengan retensi. Nilai ini dijustifikasi berdasarkan masterplan yang ada dan survey lapangan pada saat kawasan belum terbangun.

Gambar 13 menunjukkan hidograf banjir sebelum dan sesudah kawasan terbangun untuk berbagai durasi hujan dan periode ulang. Garis

berwarna jingga menunjukkan hidograf limpasan yang dihasilkan sesudah kawasan terbangun sedangkan garis berwarna biru menunjukkan hidograf limpasan yang dihasilkan sebelum kawasan terbangun. Secara visual, tidak terdapat perubahan yang signifikan khususnya pada waktu puncak (tp) baik pada kondisi sebelum dan sesudah kawasan terbangun. Hal ini disebabkan karena area kawasan yang tidak terlalu besar sehingga waktu konsentrasi (tc) menjadi relatif lebih singkat.

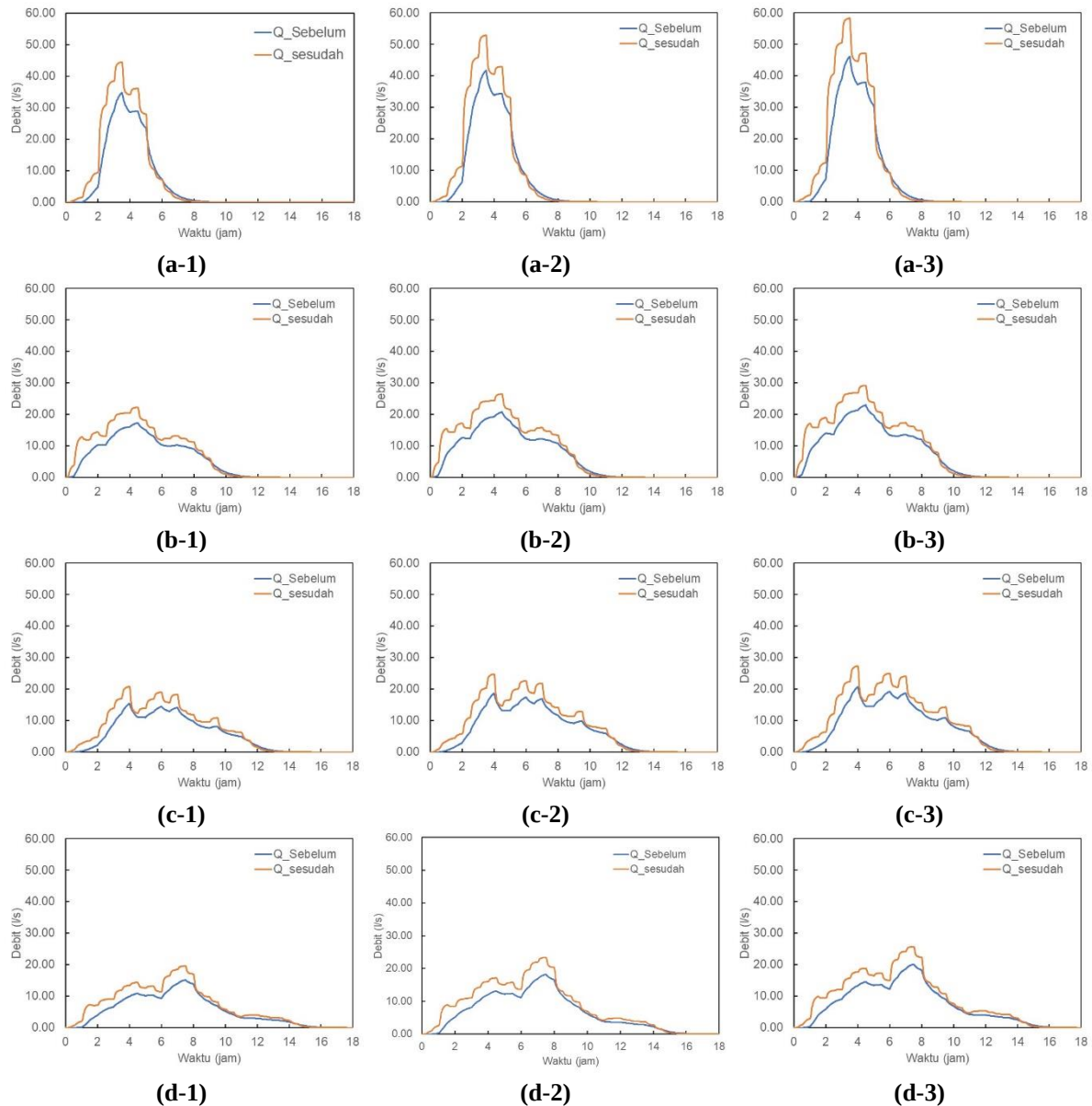


Gambar 11 Persentase hujan kumulatif pada beberapa peristiwa hujan ekstrem dari data satelit GPM



Gambar 12 Distribusi hujan rencana untuk durasi: (a) 7 jam, (b) 10 jam, (c) 12 jam, (d) dan 14 jam

*Prediksi Dampak Perubahan Tataguna Lahan terhadap Debit Limpasan, Studi Kasus: Gereja Rancasari
(Obaja Triputera Wijaya, Doddi Yudianto, Finna Fitriana, Stephen Sanjaya)*



Gambar 13 Hidrograf banjir sebelum dan sesudah kawasan terbangun untuk berbagai durasi hujan (a-d, durasi 5-14 jam) dan periode ulang (1-3, periode ulang 2-10 tahun)

Selain itu, dari data ini juga dapat disimpulkan bahwa hujan dengan durasi yang lebih singkat memberikan nilai debit puncak yang lebih besar dibandingkan dengan hujan yang berdurasi lebih panjang. Misal hujan berdurasi 14 jam hanya menghasilkan debit puncak sebesar 19,86 l/s untuk periode ulang 2 tahun. Namun, hujan dengan durasi 7 jam pada periode ulang yang sama memiliki debit puncak sebesar 34,82 l/s

Analisis Muka Air Banjir Saluran Riung

Pada studi ini, data pengukuran debit yang dapat digunakan untuk proses kalibrasi, verifikasi, dan validasi tidak tersedia. Oleh sebab itu, untuk memverifikasi dan memvalidasi model hidrologi yang dibuat, hasil analisis limpasan yang diperoleh sebelumnya akan digunakan sebagai data input

pada model hidraulika. Hasil muka air banjir (MAB) pada saluran Riung akan dibandingkan dengan hasil observasi lapangan.

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, limpasan yang berasal dari kawasan gereja hanya dapat dialirkan menuju saluran Riung yang berada di sisi sebelah Timur kawasan. Untuk menganalisis dampak pengembangan kawasan gereja terhadap muka air banjir saluran Riung, analisis hidraulika akan dilakukan pada dua kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi eksisting dimana limpasan kawasan belum terhubung ke saluran Riung. Kondisi kedua adalah kondisi dimana saluran Riung menerima beban limpasan tambahan yang berasal kawasan gereja yang diasumsikan sudah terbangun.

Tabel 1 Nilai debit puncak sebelum dan sesudah kawasan terbangun pada berbagai durasi hujan dan periode ulang

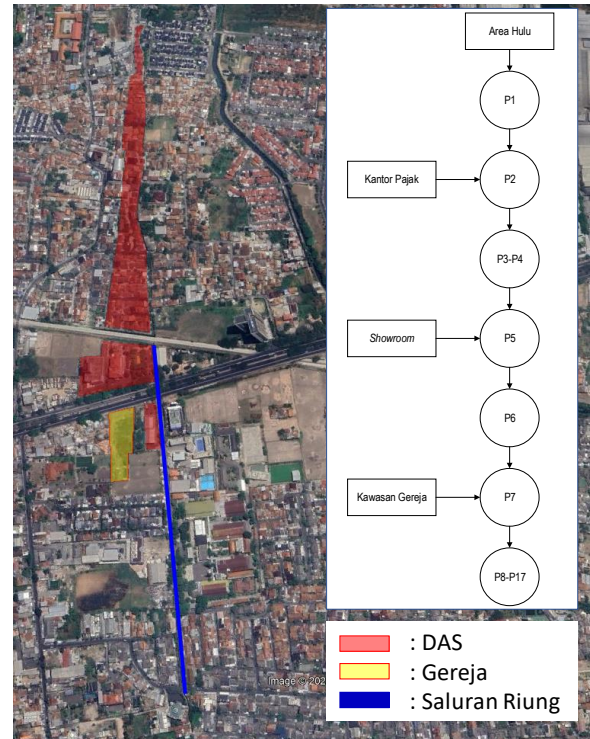
Periode Ulang	Debit Puncak (liter/s)							
	7 jam		10 jam		12 jam		14 jam	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	34,82	44,43	17,34	22,22	15,45	20,76	15,16	19,58
5	41,75	52,89	20,78	26,46	18,68	24,76	18,21	23,32
10	46,16	58,28	22,98	29,16	20,75	27,30	20,15	25,71

Selain menerima beban limpasan dari kawasan gereja, saluran Riung juga menerima beban limpasan yang berasal dari daerah hulu saluran. Gambar 14 menunjukkan skematisasi pemodelan muka air banjir saluran Riung. Terdapat 17 titik node dan pada node P1, P2, dan P5 masuk limpasan yang berasal dari kawasan sekitar. Untuk limpasan kawasan gereja direncanakan akan masuk pada node P7.

Gambar 15 menunjukkan profil muka air banjir periode ulang 2 tahun pada kondisi eksisting dimana limpasan dari kawasan gereja belum dialirkan menuju saluran Riung. Berdasarkan hasil ini terlihat bahwa terjadi aliran balik yang disebabkan *bottle-neck* gorong-gorong pada node P10-P11. Hal ini sesuai dengan temuan di lapangan dimana terdapat banyak sedimen (sampah) yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas saluran, lihat Gambar 16. Selain itu juga, berdasarkan pengukuran kemiringan dasar saluran pada node P10-P11 menanjak. Hal ini terjadi diduga karena akibat adanya penumpukan sedimen yang cukup signifikan pada ruas tersebut.

Untuk mengetahui dampak dari perubahan tata guna lahan terhadap elevasi muka air di saluran Riung, debit limpasan yang dihasilkan oleh kawasan gereja akan dijadikan sebagai debit lateral pada node P7. Debit limpasan yang ditambahkan merupakan debit maksimum yang dihasilkan dari perhitungan sebelumnya, yaitu debit dari hujan berdurasi 7 jam untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

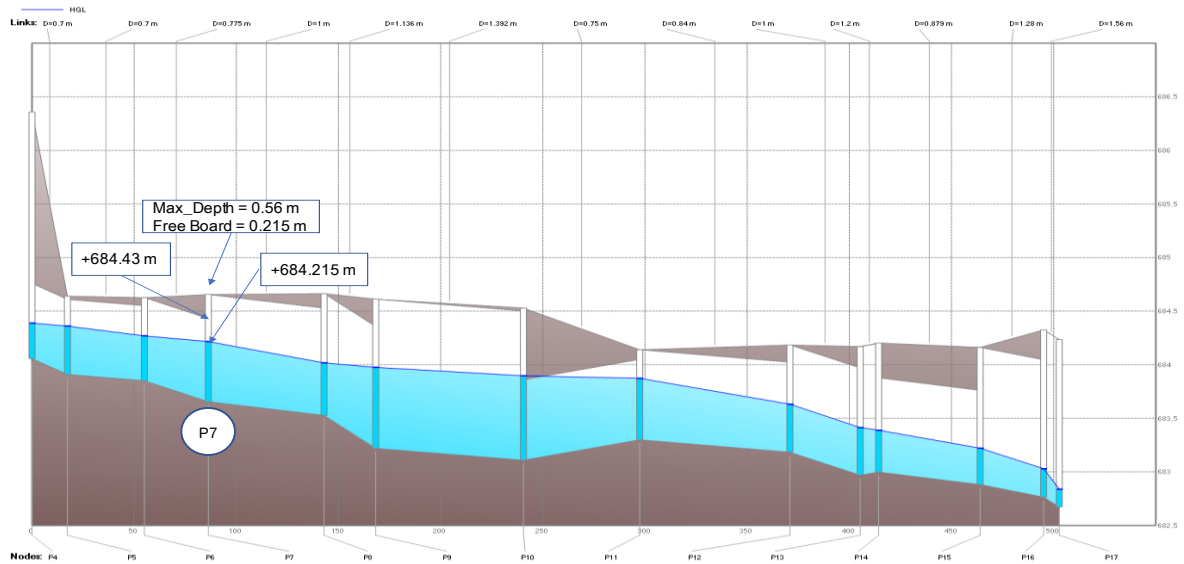
Gambar 17 menunjukkan profil muka air banjir pada segmen saluran Riung setelah pengembangan kawasan. Dapat dilihat bahwa akibat adanya beban limpasan tambahan yang berasal dari kawasan gereja, terjadi peningkatan tinggi muka air khususnya pada node P7. Pada periode ulang 2 tahun, muka air banjir pada node P7 meningkat dari sebelumnya setinggi 56 cm menjadi 60 cm. Pada node P7 sendiri, kedalaman saluran berkisar di 77, 5 cm. Berdasarkan hal tersebut, tinggi jagaan yang tadinya tersisa setinggi 21,5 cm sekarang hanya menjadi 17,5 cm.

**Gambar 14** Skematisasi pemodelan saluran Riung

Pada periode ulang yang lebih tinggi, 5 dan 10 tahun, sisa tinggi jagaan ini menjadi sangat lebih kecil. Tabel 2 merupakan hasil rangkuman tinggi muka air dan sisa tinggi jagaan pada node P7 pada kondisi sebelum dan sesudah pembangunan kawasan. Dapat dilihat bahwa pada kondisi ekstrim hujan dengan periode ulang 10 tahun, tinggi jagaan pada saluran Riung node P7 hanya tersisa 4,5 cm.

Berdasarkan hasil ini, tanpa adanya pengendalian limpasan, pada skenario yang ekstrim sekalipun, limpasan yang dihasilkan masih dapat dialirkan secara baik oleh saluran drainase yang ada. Walaupun demikian, hal ini sangat bertentangan dengan kriteria perencanaan drainase perkotaan yang mensyaratkan pengendalian limpasan dengan mengusung konsep *zero delta Q*, dimana limpasan yang keluar dari kawasan harus sama dengan nol atau paling tidak besar limpasan setelah kawasan terbangun sama dengan besar limpasan sebelum kawasan terbangun

*Prediksi Dampak Perubahan Tataguna Lahan terhadap Debit Limpasan, Studi Kasus: Gereja Rancasari
(Obaja Triputera Wijaya, Doddi Yudianto, Finna Fitriana, Stephen Sanjaya)*



Gambar 15 Profil muka air banjir kondisi eksisting pada segmen saluran Riung periode ulang 2 tahun



Gambar 16 Bottle neck pada node P10-P11 akibat sedimentasi

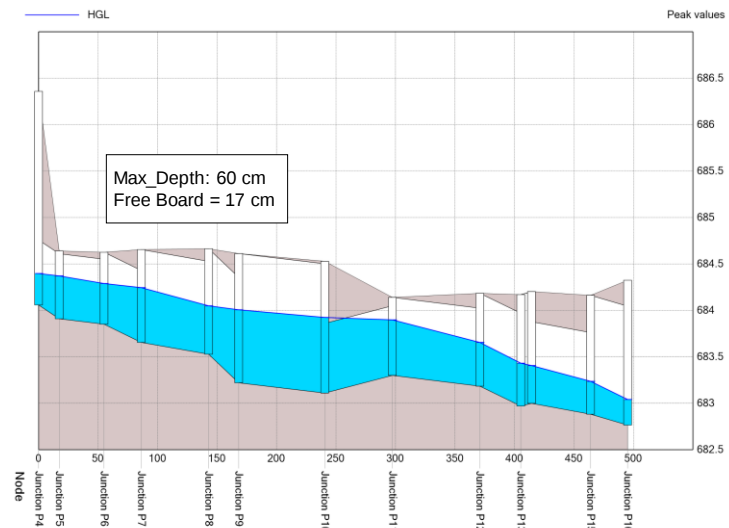
Tabel 2 Muka air banjir dan sisa tinggi jagaan pada node P7 untuk kondisi sebelum dan sesudah pembangunan pada berbagai periode ulang

Periode Ulang	MAB (m)		Sisa Tinggi Jagaan (m)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	0,56	0,60	0,215	0,175
5	0,63	0,68	0,145	0,095
10	0,67	0,73	0,105	0,045

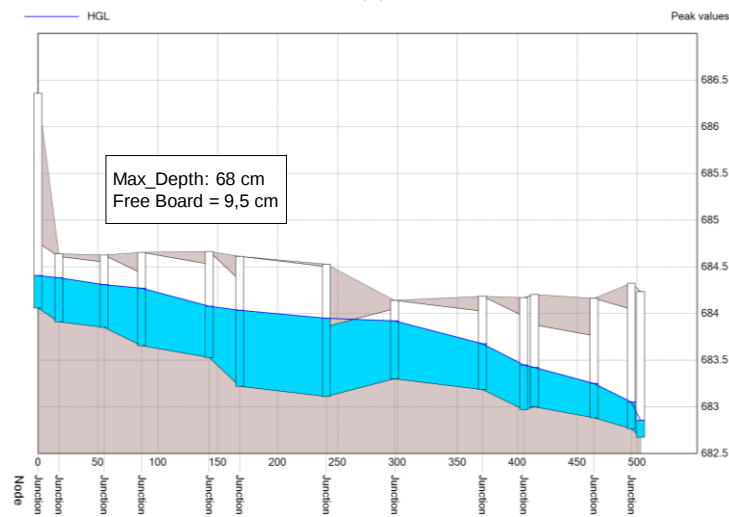
KESIMPULAN

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, ada beberapa kesimpulan yang ditarik. Yang pertama, akibat adanya perubahan tataguna lahan terjadi peningkatan debit puncak limpasan sebesar 26,3-34,4% untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Waktu puncak banjir, baik pada kondisi sebelum dan sesudah pengembangan kawasan tidak berubah secara signifikan. Hal ini disebabkan karena luas kawasan yang tidak terlalu besar. Selain itu akibat adanya pengembangan kawasan ini tidak menyebabkan luapan pada saluran Riung yang merupakan saluran outlet kawasan. Tinggi jagaan yang tersisa pada titik outlet dinilai tidak akan menyebabkan genangan pada saluran Riung. Walaupun demikian, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saluran tersebut. Salah satunya adalah permasalahan sedimentasi sampah yang menyebabkan aliran balik atau *bottle-neck* pada beberapa ruas saluran. Hal ini menyebabkan aliran pada saluran tidak mengalir dengan baik.

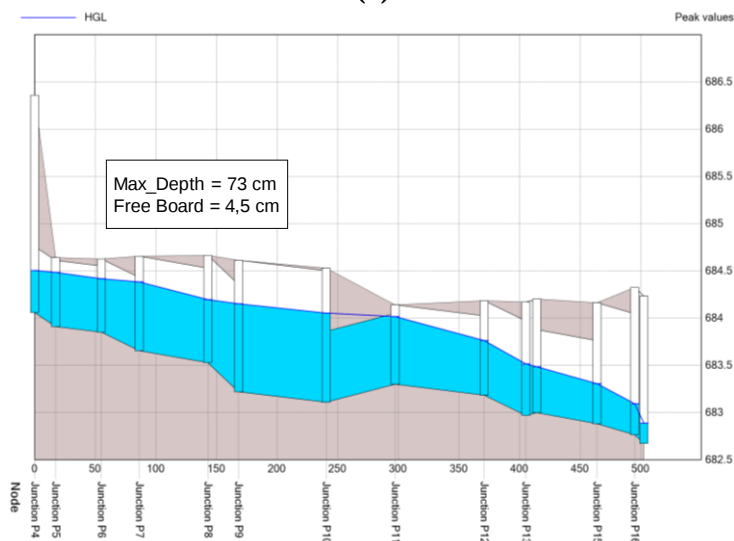
Pada studi ini, data yang dibutuhkan untuk proses kalibrasi, verifikasi, dan validasi model tidak tersedia. Oleh sebab itu, pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran debit atau MAB pada beberapa titik di saluran Riung.



(a)



(b)



(c)

Gambar 17 Profil muka air banjir kondisi setelah pengembangan pada segmen saluran Riung periode ulang (a) 2, (b) 5, dan (c) 10 tahun

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG, Komunitas Bidang Ilmu Teknik Sumber Daya Air Universitas Katolik Parahyangan, dan komite tim Pembangunan Gereja yang sudah memberikan bantuan terkait pendanaan dan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshammari, E., Rahman, A. A., Rainis, R., Seri, N.A., & Fuzi, N. F. A. (2023). The impacts of land use changes in urban hydrology, runoff and flooding: a review. *Current Urban Studies*, 11 (01), 120-141. <https://doi.org/10.4236/cus.2023.111007>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). *Data Bencana di Indonesia Tahun 2024*.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, Inc.
- Gentilucci, M., Rossi, A., Pelagagge, N., Aringoli, D., Barbieri, N., & Pambianchi, G. (2023). GEV analysis of extreme rainfall: comparing different time intervals to analyse model response in terms of return levels in the study area of central Italy. *Sustainability*, 15(15), 11656 <https://doi.org/10.3390/su151511656>
- Hifzhi, B., Sukahir, Sunardi, Pesilettem S. (2024). Evaluasi kesesuaian fungsi sistem drainase di Bandara: Dampak kapasitas sistem, perubahan tata guna lahan dan debit curah hujan. *Journal of Engineering and Transportation*, 2(1)
- Jefrin, N., Bolong, N., Sentian, J., Abustan, I., Mohammad, T. A., & Ayog, J. L. (2018). Comparison of GEV and Gumble's distribution for development of intensity duration frequency curve for flood prone area in Sabah. *Malaysian Journal of Geosciences*, 2(1), 42-44, <https://doi.org/10.26480/mjg.01.2018.42.44>
- Liu, B., Xu, C., Yang, J., Wang, X. (2022). Effect of land use change and drainage system changes on urban flood spatial distribution in Handan City: A case study. *Sustainability*, 14(21), 14610. <https://doi.org/10.3390/su142114610>
- Mamenun, Pawitan, H., & Sophaheluwakan, A. (2014). Validasi dan koreksi data satelit TRMM pada tiga pola hujan di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(1), 13-23.
- Setyawan, A., Puri, A., & Harmiyati. (2018). Pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap debit saluran drainase Jalan Ariffin Ahmad pada ruas antara Jalan Rambutan dengan Jalan Paus Ujung di Kota Pekanbaru. *Jurnal Saintis*, 18(2), 55-64
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. ANDI
- Rao, A. R., & Hamed, K. H. (2000). *Flood Frequency Analysis*. CRC Press, Florida
- Rinaldi, A., Yulianur, A., & Yulizar. (2018). Analisis frekuensi curah hujan ekstrim di Kabupaten Nagan Raya menggunakan kaedah L-Moment. Konferensi Nasional Teknik Sipil 12.
- Roesner, L. A., Shubinski, R. P., dan Alldrich, J. A. (1983). *Storm Water Management Model User's Manual Version III, Addendum I EXTRAN*, EPA-600/2-84-109b, Municipal Environment Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, 1983.
- Rossman, L. A. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume 1-Hydrology*. National Risk Management Laboratory Office of Research and Development U.S. Environment Protection Agency, 25 Martin Luther King Drive Cincinnati, OH 45268.
- Rossman, L. A. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume 2-Hydraulics*. National Risk Management Laboratory Office of Research and Development U.S. Environment Protection Agency, 25 Martin Luther King Drive Cincinnati, OH 45268.
- Viessman, W., Jr. dan Lewis, G. L. (2003). *Introduction to Hydrology*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, Fifth Edition
- Wijaya, O.T., Adidarma, W. K., Riyanto, B.A., Yudianto, D., Ramadan, A. N. A., & Mahran, R. A. (2018). Application of TRMM for runoff predictions in ungauged basin, case study: Nanjung Catchment. *Proceedings of the 21st IAHR-APD Congress 2018, Yogyakarta, Indonesia*.
- Wijaya, O. T., Yang, T. H., Hsu, H. M., Gourbesville, P. (2023). A rapid flood inundation model for urban flood analyses. *MethodsX*, 10, 102202. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102202>

Yudianto, D., Fitriana, F., Wicaksono, A., Senjaya, T.
(2023). Studi pengendalian banjir Sungai
Cileuwibangke akibat pembangunan
kawasan perumahan di kota Bogor, Jawa
Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 14(2), 119-
129.