

INTEGRASI KONSERVASI SDA DENGAN INFRASTRUKTUR PENGENDALI BANJIR PERKOTAAN: STUDI KASUS PEMBANGUNAN *UNDERPASS* SIMPANG JOGLO, SURAKARTA

Muhammad Rizky Devianto^{1*}, Irwan Mirza Zulkarnain¹,
Afif Rachmadi¹, dan Tauvan Ari Praja¹

¹Balai Teknik Sungai, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PU

*muhammad.devianto@pu.go.id

Pemasukan: 6 November 2025

Perbaikan: 30 Desember 2025

Diterima: 31 Desember 2025

Intisari

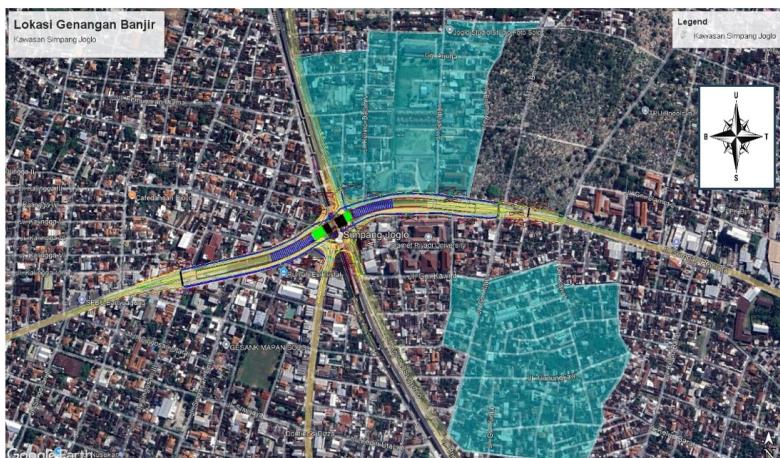
Pembangunan *Underpass* Simpang Joglo di Kota Surakarta menghadirkan tantangan baru dalam pengelolaan banjir akibat perubahan tata guna lahan dan sistem drainase kawasan. Penelitian ini menawarkan pendekatan terintegrasi pengendalian banjir kawasan perkotaan akibat peningkatan jaringan jalan yang mengombinasikan rekayasa aliran, simulasi optimasi kolam retensi, dan prinsip konservasi sumber daya air, yang masih jarang dibahas dalam studi drainase jalan di Indonesia. Analisis hidraulik menggunakan HEC-RAS dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas jaringan drainase aktual dan merumuskan alternatif solusi. Tiga skenario simulasi diuji: kondisi aktual, pemisahan aliran setelah pembuatan talang, dan pemisahan aliran dengan penambahan kolam retensi dan pompa. Hasil studi menunjukkan bahwa skenario ketiga merupakan yang paling efektif, dengan rata-rata penurunan muka air sebesar 0,25 m dan tinggi jagaan (*freeboard*) sebesar 33 cm. Temuan ini menegaskan bahwa kolam retensi memiliki peran ganda untuk menyimpan sementara limpasan yang terjadi ketika hujan serta mendukung infiltrasi untuk mengembalikan air ke tanah. Selain perbaikan secara teknis, pengendalian banjir berkelanjutan di wilayah perkotaan perlu mengutamakan integrasi perencanaan tata ruang, konservasi sumber daya air, dan partisipasi masyarakat. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan ketahanan infrastruktur sekaligus meminimalkan risiko banjir di masa mendatang.

Kata kunci : banjir, drainase perkotaan, HEC-RAS, kolam retensi, *underpass*

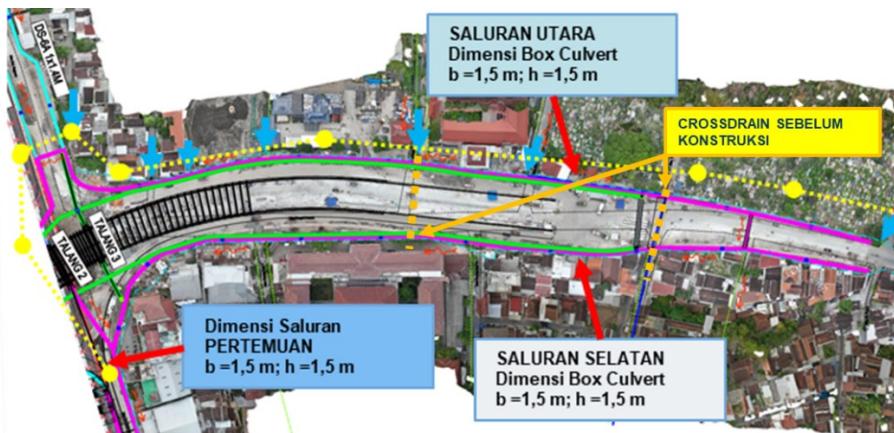
Latar Belakang

Simpang Joglo adalah pertemuan dari beberapa jaringan jalan primer yang masuk dalam Kota Surakarta, yaitu Jl. Ki Mangun Sarkoro, Jl. Manunggal, Jl. Sumpah Pemuda, Jl. Kapten Piere Tendean, dan Jl. Kolonel Sugiyono. Simpang Joglo juga merupakan pertemuan arus lalu lintas dari dan ke Semarang, Purwodadi, dan Surabaya. Oleh sebab itu, pada jam-jam sibuk terjadi kemacetan yang panjang di Simpang Joglo. Hal ini diperparah dengan perlintasan sebidang jalur rel kereta api. Hal ini yang menjadi latar belakang pembangunan *Underpass* Simpang Joglo dan rel layang kereta api yang dimulai Agustus 2022 hingga akhir 2024.

Terjadi hujan di kawasan Pembangunan *Underpass* Joglo (**Gambar 1 dan 2**) pada hari Minggu tanggal 22 Desember 2024 mulai pukul 14.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB dengan intensitas 44,5 mm (Stasiun Hujan Jurug) yang mengakibatkan terjadinya banjir di kawasan tersebut setinggi ±70 cm yang menggenangi area permukiman di sisi Utara *Underpass* Joglo (Kampung Sambirejo, Kelurahan Banjar Sari, Kota Surakarta). Genangan berdampak pada 3 RT dengan jumlah penduduk kurang lebih 200 orang dan baru surut setelah 1 jam. Sementara, kondisi di sisi Selatan tidak terjadi banjir. Sebelum pembangunan *Underpass* Joglo, di sisi Utara (Kampung Sambirejo) sering mengalami banjir pada musim hujan namun ketinggian banjir maksimum hanya 20 cm. Banjir yang lebih parah justru terjadi di sisi Selatan *Underpass* Joglo (Kelurahan Joglo) dengan ketinggian dapat mencapai ±50 cm.



Gambar 1. Genangan di Kawasan Simpang Joglo



Gambar 2. Layout Saluran Drainase Kawasan Pasca Pembangunan *Underpass*

Penelitian tahun 2022 menunjukkan bahwa sebelum pembangunan *Underpass* di Simpang Joglo, kawasan tersebut memiliki nilai koefisien limpasan sebesar 0,739–0,968. Dengan debit rencana kala ulang 10 tahun (Q_{10}) sebesar 120 mm/jam yang diperoleh dari analisis frekuensi stasiun hujan Pabelan, terjadi genangan di area utara Universitas Slamet Riyadi (UNISRI) dengan tinggi air sekitar 50 cm dan durasi 3-4 jam (Devianto, et al., 2022). Kondisi ini menggambarkan bahwa sistem drainase yang ada belum mampu mengalirkan debit banjir secara efektif.

Setelah pembangunan, aliran drainase dialihkan dengan memutar melalui talang di sisi barat sehingga panjang jalur aliran bertambah. Hal ini meningkatkan waktu konsentrasi (T_c) sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian (Devianto, et al., 2022). Kondisi ini menimbulkan *bottleneck* karena kapasitas saluran kurang sehingga permasalahan banjir masih terjadi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis ulang untuk memperbaiki penanganan banjir di kawasan Simpang Joglo.

Drainase jalan yang memadai sangat penting untuk mencegah genangan dan banjir, karena kapasitas yang tidak cukup dapat menyebabkan limpasan ke jalan maupun kawasan sekitarnya. Oleh sebab itu, desain kapasitas yang sesuai dengan curah hujan serta pemeliharaan diperlukan agar sistem tetap berfungsi optimal (Li, 2020).

Dalam pengendalian yang lebih luas, penanggulangan banjir tidak hanya ditentukan oleh kapasitas infrastruktur, tetapi juga dipengaruhi oleh tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan akibat perkembangan sosial-ekonomi terbukti meningkatkan koefisien limpasan dan risiko kerusakan akibat banjir. Karena itu, integrasi perencanaan tata ruang dengan manajemen risiko banjir sangat penting, termasuk melalui kebijakan zonasi dan program pembelian kembali lahan sebagai strategi pengelolaan risiko yang lebih efektif (Hamers, et al., 2024).

Praktik pengendalian banjir di perkotaan umumnya masih mengandalkan sistem drainase konvensional berbasis infrastruktur abu-abu, seperti kolam retensi terpusat di ujung. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan biaya konstruksi yang tinggi, kurang fleksibel, serta tidak adaptif terhadap perubahan iklim dan dinamika tata guna lahan. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan baru yang berkelanjutan.

Penelitian (D'Ambrosio & Longobardi, 2023) memperkenalkan konsep *Green & Flood Drainage Strategy* (GFDS), yaitu strategi pengendalian banjir terpadu yang mengombinasikan *green infrastructure* (misalnya *rain garden*, *permeable pavement*, *bioretention*) dengan *flood control areas* (misalnya retensi sementara di jalan atau lapangan). Hasil studi mereka menunjukkan bahwa GFDS mampu mengurangi debit puncak dan volume limpasan secara lebih optimal dibandingkan strategi tunggal berbasis infrastruktur masif maupun hijau.

Berdasarkan uraian di atas, kajian penanganan banjir di *Underpass Simpang Joglo Surakarta* diperlukan sebagai dampak tak terelakkan dari perubahan tata guna lahan dan perubahan jaringan drainase perkotaan akibat pembangunan infrastruktur. Penanganan memerlukan pertimbangan secara luas dari kawasan sebagai masukkan debit limpasan yang akan dikendalikan, dan secara terperinci di sekitar simpang Joglo dalam penentuan rute aliran. Dalam studi ini diharapkan akan mempertimbangkan pendekatan pengendalian terpadu. Pendekatan ini tidak hanya fokus pada kapasitas infrastruktur drainase, tetapi juga integrasi dengan prinsip konservasi sumber daya air dan pemanfaatan teknologi ramah lingkungan. Perencanaan yang komprehensif akan memberikan panduan teknis yang lebih aman dan efisien bagi desain drainase di sekitar *underpass*. Dalam implementasinya, studi ini perlu melibatkan berbagai pemangku kepentingan, seperti Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo, Balai Teknik Sungai, Balai Besar Pengelolaan Jalan Nasional (BBPJN) Jateng-DIY (Kementerian PU), serta Balai Teknik Perkeretaapian I Semarang.

Metodologi Studi

Lokasi Studi

Penelitian ini dilakukan pada kawasan sekitar Simpang Joglo, yang merupakan sungai ordo 3 dari Sungai Bengawan Solo (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Drainase Utama Perkotaan hingga Sungai Anyar

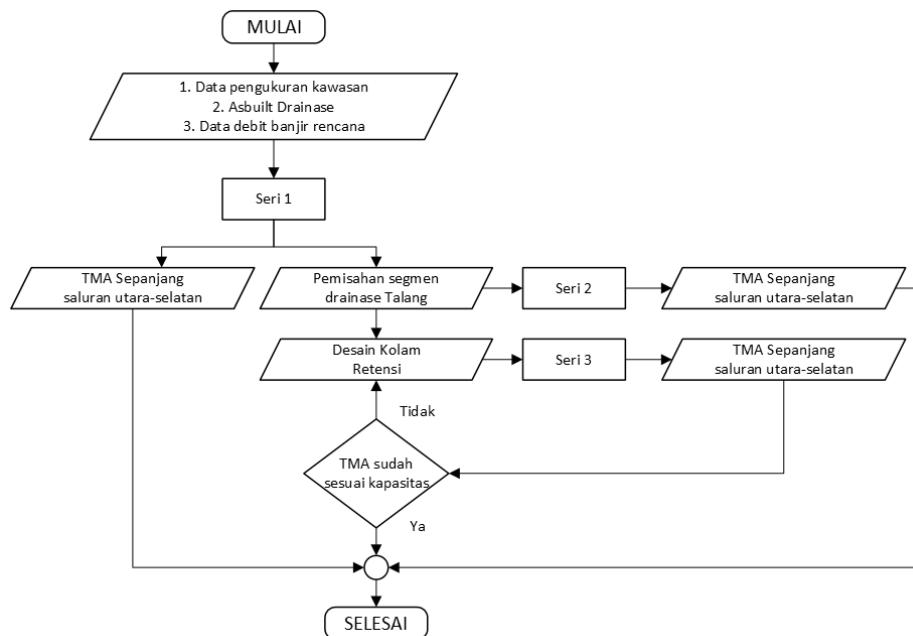
Tahapan Studi

Analisis hidrolik dilakukan menggunakan *software HEC-RAS* versi 6.5 dengan yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers* (Brunner, 2024). *HEC-RAS* merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan (Istiarto, 2014). *HEC-RAS* dipilih karena telah terbukti andal secara global dan sering dijadikan acuan dalam evaluasi perangkat lunak hidrodinamika lainnya. Perangkat lunak ini mampu menyimulasikan profil muka air sungai pada kondisi aliran tunak maupun tidak tunak, termasuk analisis transpor sedimen, dengan menggunakan persamaan *Saint Venant 1D* yang diselesaikan melalui metode beda hingga implisit (Zainalfikry, et al., 2020).

Simulasi dilakukan secara 1D dan 2D, dengan ketersediaan data untuk pemodelan mencakup Jaringan Drainase yang menggunakan data aktual gambar *asbuilt* Drainase *Underpass* Simpang Joglo, Hasil Pengukuran RTK lapangan dan model *Digital Terrain Model* (DTM) yang diperoleh dari hasil pengukuran Balai Teknik Sungai yang telah dilakukan pada 2024-2025. Analisis dalam studi ini dibagi menjadi 3 seri, seperti yang tersaji pada Tabel 1 dan Gambar 4. Skenario pemodelan dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh elevasi muka air di saluran dan tinggi limpasan dari sistem drainase yang direncanakan.

Tabel 1. Tahapan Simulasi

No	Seri	Keterangan
1	Seri 1 (Aktual)	<ul style="list-style-type: none"> Geometri - lebar saluran 1,5 m x 1,5 m Debit aliran seluruh seri menggunakan kala ulang Q_{10}
2	Seri 2 (Pemecahan aliran talang)	<ul style="list-style-type: none"> Saluran dari utara ke Talang 2 dari bergabung di timur menjadi dipisah di barat Jl. Kolonel Sugiyono. Dimensi saluran hilir barat setelah talang 1,5 m x 1,5 m, sepanjang ±350-400 m ke arah selatan
3	Seri 3	<ul style="list-style-type: none"> Sama dengan Seri 2 dengan Penambahan Kolam Retensi dan Pompa



Gambar 4. Bagan Alir Studi

Data Studi

Studi ini menggunakan data masukan (*input*) berupa data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, seperti yang tersaji pada Tabel 2. Transformasi hujan-limpasan dilakukan dengan *Software* EPA SWMM dengan metode penurunan hujan ke daerah tangkapan yang selanjutnya menjadi limpasan saluran seperti dibahas penelitian sebelumnya.

Tabel 2. Data Penelitian

No	Nama Data	Keterangan	Jenis Data
1	Data Asbuilt Jaringan Drainase Jalan	BBPJN Jateng-DIY	Geometric Data
2	Data Drainase Pemukiman dan Drainase Kolektor Hingga Sungai Nayu	Balai Teknik Sungai	Geometric Data
3	Debit banjir rencana (Q_{10})	Perhitungan Balai Teknik Sungai	Flow Data
4	Data Rekaman Hujan Harian PCH sekitar Simpang Joglo	BBWS Bengawan Solo	Rain Data

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana sebagai masukan pemodelan hidraulik. Data hujan berasal dari PCH Pabelan (1979–2024) dan PCH Jurug (2018–2024), hujan rencana kala ulang 10 tahun (Q10) ditentukan melalui analisis frekuensi hujan sesuai standar perencanaan drainase perkotaan. Transformasi hujan–limpasan dilakukan menggunakan EPA SWMM dengan pembagian daerah tangkapan Kampung Sambirejo ke dalam beberapa subcatchment berdasarkan topografi, sistem drainase eksisting, dan tata guna lahan. Parameter utama yang digunakan meliputi luas daerah tangkapan, koefisien limpasan, dan waktu konsentrasi, dengan koefisien limpasan tinggi yang mencerminkan dominasi permukaan kedap kawasan.

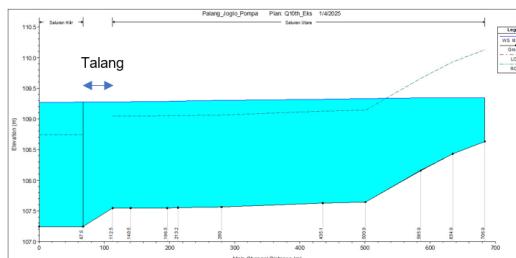
Hasil analisis frekuensi hujan menunjukkan bahwa hujan rencana kala ulang 10 tahun sebesar 147,6 mm. Transformasi hujan–limpasan menggunakan EPA SWMM menghasilkan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun (Q10) sebesar 3,17 m³/s untuk kawasan Kampung Sambirejo, yang selanjutnya digunakan sebagai input pada analisis hidraulik HEC-RAS.

Simulasi kejadian hujan aktual 22 Desember 2024 dilakukan sebagai dasar kalibrasi model. Hasilnya menunjukkan bahwa debit puncak dan volume limpasan sangat dipengaruhi oleh tingginya koefisien limpasan kawasan, yang pada beberapa subcatchment mendekati 1,0, akibat kurangnya fungsi resapan alami. Kondisi ini menyebabkan sistem drainase eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir secara efektif dan memicu terjadinya genangan.

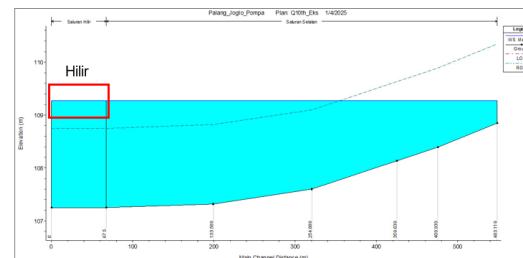
Hasil analisis ini menegaskan bahwa pengendalian banjir di kawasan Simpang Joglo memerlukan pendekatan terpadu, tidak hanya melalui peningkatan kapasitas saluran, tetapi juga pengendalian limpasan di sumbernya, antara lain melalui penyediaan kolam retensi sebagai tampungan sementara.

Hasil Studi dan Pembahasan

Simulasi Seri I (aktual) dilakukan dengan data geometri saluran sesuai desain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Data debit menggunakan debit kala ulang 10 tahun. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh muka air kritis berada pada segmen drainase utara dengan elevasi muka air (TMA) sebesar +109,78 m. Diketahui elevasi dinding Saluran Utara dan Selatan masing-masing +109,05 m dan +108,75 m sehingga didapatkan limpasan pada saluran bagian utara sekitar 73 cm dan pada bagian selatan sekitar 1 m. Terdapat limpasan bagian hilir setelah pertemuan saluran talang dengan saluran selatan sebesar 1 m (ditunjukkan kotak merah). Hasil analisis seri aktual pada saluran utara ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil analisis seri aktual pada saluran selatan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Analisis Seri 1 pada Saluran Utara



Gambar 6. Hasil Analisis Seri 1 pada Saluran Selatan

Kalibrasi dan Validasi Model Hidrologi–Hidraulik

Kalibrasi model dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi hidrologi dan hidraulik merepresentasikan kondisi aktual di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan secara bertahap dengan mengombinasikan hasil simulasi model dan data observasi kejadian banjir pada tanggal 22 Desember 2024.

Pada analisis hidrologi menggunakan EPA SWMM, parameter yang dikalibrasi meliputi koefisien limpasan (*runoff coefficient*), persen area kedap, dan waktu konsentrasi (*time of concentration*). Penyesuaian parameter dilakukan hingga debit puncak hasil simulasi mendekati estimasi debit lapangan berdasarkan hujan terukur di Stasiun Jurug sebesar 44,5 mm selama ± 2 jam. Debit hasil kalibrasi kemudian digunakan sebagai masukan (*inflow hydrograph*) pada pemodelan hidraulik HEC-RAS.

Kalibrasi model hidraulik dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi elevasi muka air (TMA) dan tinggi genangan dengan data observasi lapangan, berupa tinggi genangan maksimum ± 70 cm di kawasan permukiman Kampung Sambirejo serta durasi genangan sekitar 1 jam. Parameter hidraulik yang disesuaikan meliputi koefisien kekasaran Manning (*n*) pada saluran drainase dan floodplain, dengan rentang nilai mengacu pada literatur dan kondisi material saluran eksisting.

Evaluasi Error Model

Evaluasi tingkat kesesuaian model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dan data observasi lapangan. Selisih antara tinggi genangan hasil simulasi dan observasi digunakan sebagai indikator error model. Pada simulasi kondisi aktual (Seri 1), hasil model menunjukkan tinggi limpasan pada saluran utara sekitar 73 cm, yang mendekati tinggi genangan teramat ± 70 cm, dengan selisih sekitar 3 cm atau error relatif sebesar $\pm 4,3\%$.

Perbedaan kecil tersebut dapat disebabkan oleh keterbatasan data observasi, asumsi aliran satu dimensi pada beberapa segmen saluran, serta variasi mikro-topografi yang tidak sepenuhnya tertangkap dalam model DTM. Namun demikian, hasil ini menunjukkan bahwa model yang digunakan telah mampu merepresentasikan kondisi banjir aktual dengan tingkat akurasi yang memadai untuk analisis skenario dan perumusan alternatif penanganan banjir.

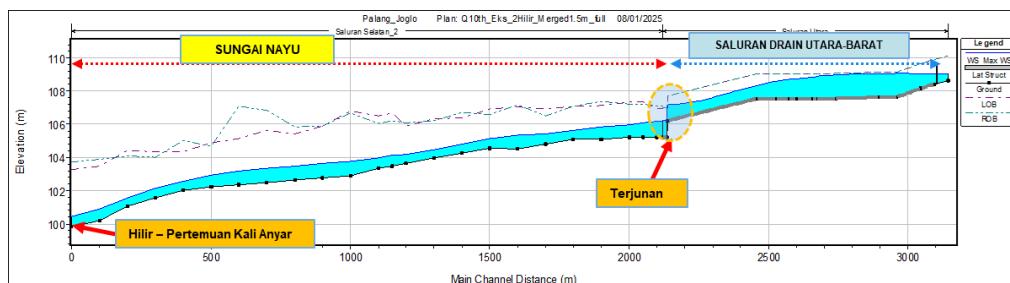
Selanjutnya Seri 2 dengan Pemecahan Aliran setelah Talang *Underpass*, Analisis dilakukan dengan data geometri berupa dimensi dan *layout* saluran desain, seperti

yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Dilakukan pengalihan aliran dari drainase utara setelah Talang 2 menuju drainase Barat Jl. Kol. Sugiyono. Dimensi saluran di hilir yang diperlukan sebesar 1,5 m x 1,5 m. Selanjutnya saluran barat digabungkan ke saluran timur Jl. Sugiyono dengan menggunakan *cross drain* yang ada.

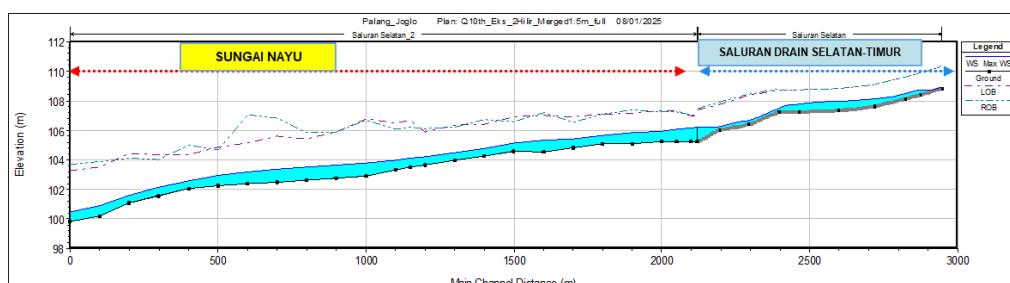


Gambar 7. Rekomendasi *Layout* Saluran Drainase untuk Analisis Seri 2

Dari hasil analisis, diperoleh muka air kritis berada pada segmen drainase utara dengan elevasi muka air (TMA) sebesar +108,98 m. Diketahui elevasi dinding Saluran Utara adalah sebesar +109,05 m sehingga didapatkan freeboard sebesar 7 cm. Hasil analisis pada Saluran Utara Flyover – Barat Sugiyono – Sungai Nayu ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil analisis pada Saluran Selatan Flyover – Timur Sugiyono – Sungai Nayu ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Hasil Seri 2 pada Saluran Utara Underpass – Barat Sugiyono – S.Nayu



Gambar 9. Hasil Seri 2 pada Saluran Selatan Underpass – Timur Sugiyono – S.Nayu

Terakhir merupakan Pemodelan Seri 3 berupa Pemecahan Aliran Setelah Talang ditambahkan dengan perencanaan Kolam Retensi dan Pompa. Kolam retensi didesain untuk mengakomodasi perubahan tata guna lahan, terutama pada kawasan

alami di utara *underpass* Joglo seluas 2,4 Hektare yang sebelumnya berupa lahan terbuka dengan tumbuhan alami pada 2022 mulai dimanfaatkan sebagai direksi kit, relokasi pembangunan fasilitas perumahan dan sebagainya karena dampak pembangunan *underpass*. Lokasi kolam retensi direncanakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 yang berada di barat direksi kit.

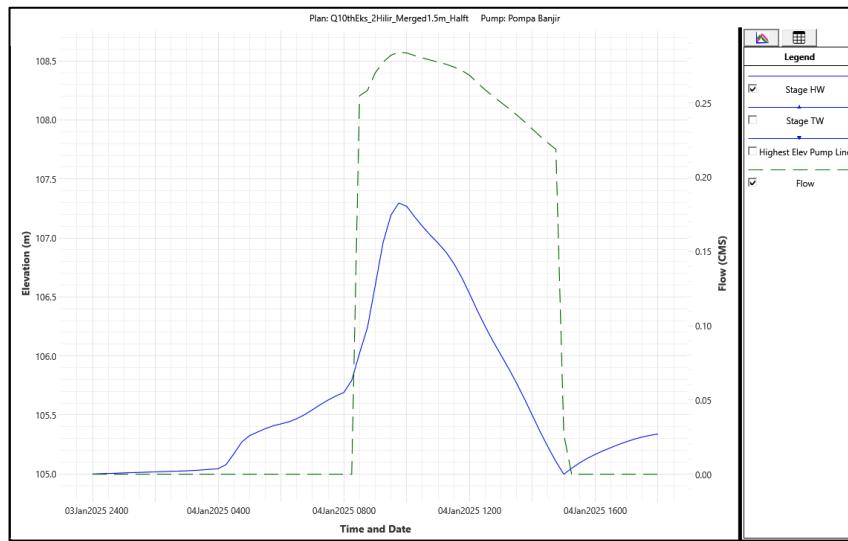


Gambar 10. Perubahan Area Resapan Alami di sekitar Simpang Joglo

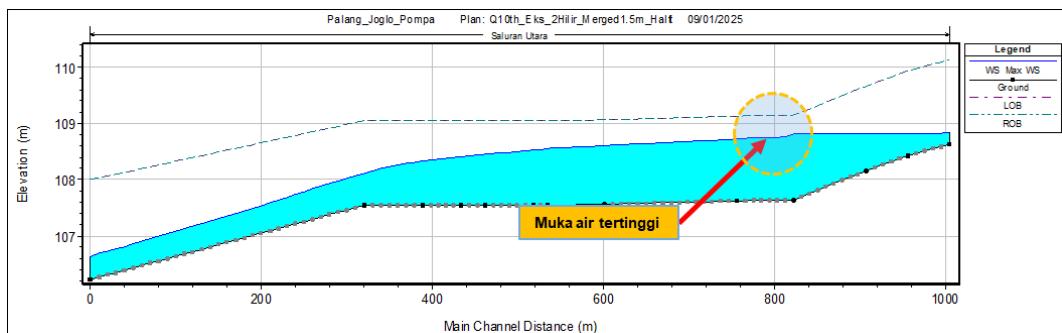


Gambar 11. Rekomendasi *Layout* Saluran Drainase ke Kolam Retensi

Dari hasil analisis, diperoleh grafik waktu pemompaan dan tinggi muka air di kolam retensi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Elevasi muka air maksimum di kolam retensi adalah sebesar +107,29 m dengan debit *inflow* maksimum sebesar $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$. Volume air yang dapat ditampung oleh kolam retensi pada Q_{10} adalah sebesar 3600 m^3 . Selanjutnya diperoleh grafik debit *inflow* ke kolam retensi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Kapasitas pompa yang digunakan adalah sebesar 300 liter/s dengan lama pemompaan 7 jam dari elevasi +107,29 m ke +105 m. Kapasitas tersebut dipilih dengan asumsi bahwa ketersediaan barang, efisiensi waktu, biaya operasional dan pemeliharaan pompa yang laik. Sebelumnya telah dicoba alternatif 50, 100, 200, namun waktu pemompaan lebih lama. Volume pemompaan pada Q_{10} adalah sebesar 6120 m^3 . Dari hasil analisis, diperoleh muka air kritis berada pada segmen drainase utara dengan elevasi muka air (TMA) sebesar +108,72 m. Diketahui elevasi dinding Saluran Utara adalah sebesar +109,05 m sehingga didapatkan *freeboard* sebesar 33 cm. Hasil analisis pada saluran utara *Underpass* ditunjukkan pada Gambar 13.

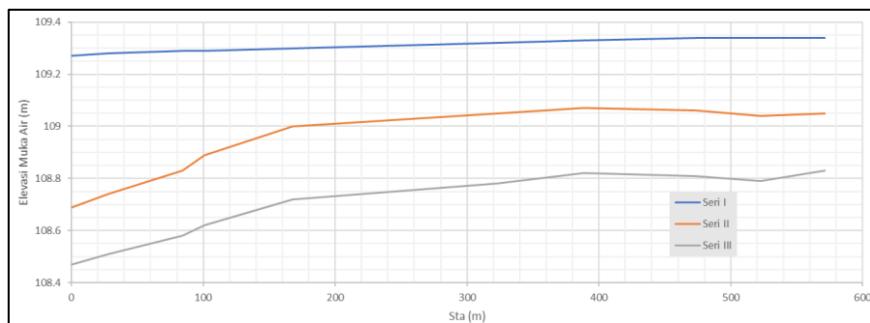


Gambar 12. Grafik Waktu Pemompaan dan Tinggi Muka Air di Kolam Retensi

Gambar 13. Hasil Analisis Seri 3 pada Saluran Utara *Underpass*

Pembahasan

Rekapitulasi hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 2. Dari 3 seri analisis, seri 1 menunjukkan kejadian limpasan yang sesuai dengan kondisi di lapangan karena terjadi *bottleneck* pada saluran talang, dan kejadian genangan banjir selama 1 jam pasca hujan terjadi. Didapatkan kesimpulan bahwa Seri 3, yaitu pemecahan aliran setelah talang + kolam retensi + pompa, merupakan simulasi yang paling efektif karena dapat menurunkan elevasi muka air maksimum hingga mendapatkan *freeboard* sebesar 33 cm. Selanjutnya, didapatkan elevasi muka air pada saluran Utara yang ditunjukkan pada Gambar 14. Dari hasil elevasi muka air tersebut didapatkan elevasi muka air rata-rata pada saluran Utara yang ditunjukkan pada Tabel 3. Didapatkan kesimpulan bahwa Seri 3 merupakan simulasi yang paling efektif karena dapat menurunkan elevasi muka air sebesar 0,25 m.

Gambar 14. Hasil Analisis Seri 3 pada Saluran Utara *Underpass*

Tabel 3. Rekapitulasi TMA maks, Elevasi Rata-Rata pada Saluran Utara

Seri	Elevasi Muka Air Saluran Utara (m)	Keterangan	Elevasi Rata-rata (m)	Penurunan Muka Air (m)	Tinggi genangan (+m)	Lama genangan (menit)
1	109,78	Melimpas 73 cm	109.31	-	0.84	3 j 30 m
2	108,98	Freeboard 7 cm	108.94	0.37	0.60	1j 35 m
3	108,72	Freeboard 33 cm	108.69	0.25	0.23	52 m

Banjir di kawasan Simpang Joglo disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

1. Topografi area Simpang Joglo yang lebih rendah dari kawasan di sekitarnya;
2. Kondisi saluran drainase lingkungan (warga) yang mengalami pengurangan kapasitas karena pembangunan pemukiman dan tidak dilakukan perawatan;
3. Terjadinya perubahan tata guna lahan pada beberapa lokasi sehingga mengubah pola limpasan (*runoff*);
4. Sistem jaringan drainase kota yang sebelumnya berubah akibat pembangunan *underpass*; dan
5. Perencanaan drainase jalan yang tidak terintegrasi dengan drainase kawasan mengakibatkan tidak terpenuhinya kemampuan mengalirkan debit hujan.

Faktor utama yang menyebabkan kejadian banjir adalah sistem drainase yang tidak mengakomodasi debit tinggi ketika potensi koefisien limpasan hujan di kawasan Joglo sudah mendekati 1.0. Dampak dari faktor di atas telah terlihat pasca pembangunan wilayah Simpang Joglo dengan *Underpass* dan jembatan dengan juga dibuatnya rekayasa drainase jalan-kawasan tidak dapat mengatasi kejadian banjir hingga membahayakan infrastruktur dan masyarakat. Penanganan dengan infrastruktur masif seperti *box culvert* sebagai drainase utama belum mampu untuk mengatasi banjir sehingga perlu dibuat kolam retensi. Kolam retensi selain untuk menunda rilisnya banjir ke hilir, ataupun menyediakan kapasitas tampungan besar di area sumber genangan, juga dapat berfungsi untuk memasukkan air kembali ke dalam tanah sebagai pengganti fungsi resapan yang berubah.

Perbaikan infiltrasi air tanah juga perlu disertai dengan menjaga kualitas air banjir, karena limpasan permukaan dapat membawa berbagai polutan seperti nutrien, logam berat, dan sedimen. Di sisi lain, infiltrasi berperan ganda dengan mengurangi limpasan, mengisi kembali air tanah, serta meningkatkan kualitas air melalui proses penyaringan alami dalam tanah (Baird, et al., 2020). Sehingga fungsi kolam retensi

dalam Pembangunan pengelolaan banjir di perkotaan sangat layak dan perlu direncanakan serta dioperasikan dengan baik.

Sejalan dengan penanganan infrastruktur juga diperlukan langkah-langkah proaktif yang diterapkan dalam perencanaan tata guna lahan, perumahan, bangunan, serta latihan evakuasi, maka dampak bahaya banjir dapat lebih efektif dikurangi dengan menyerap sebagian besar potensi kerugian (Koike, 2021). Diperlukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui kontribusi dari banyak faktor yang terjadi di suatu kawasan terutama perkotaan, dan membuat kebijakan serta masyarakat memiliki peran yang besar dalam penyelesaiannya.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terjadi hujan di kawasan Pembangunan *Underpass* Joglo pada hari Minggu tanggal 22 Desember 2024 mulai pukul 14.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB dengan intensitas 44 mm (Stasiun Hujan Jurug) yang mengakibatkan terjadinya banjir di kawasan tersebut setinggi ±70 cm. area yang tergenang merupakan permukiman yang berada di sisi Utara *Underpass* Joglo (Kampung Sambirejo, Kelurahan Banjar Sari, Kota Surakarta). berdampak pada 3 RT dengan jumlah penduduk kurang lebih 200 orang dan akan surut setelah 1 jam. Sementara kondisi di sisi Selatan tidak terjadi banjir.
2. Sebelum pembangunan *Underpass* Joglo, di sisi Utara (Kampung Sambirejo) sering mengalami banjir pada musim hujan namun ketinggian banjir maksimum hanya 20 cm. Banjir lebih sering terjadi di sisi Selatan *Underpass* Joglo (Kelurahan Joglo) dengan ketinggian dapat mencapai ±50 cm.
3. Penyebab banjir di kawasan Simpang Joglo disebabkan oleh beberapa faktor antara lain topografi daerah sekitar Simpang Joglo yang rendah, saluran drainase yang tidak mampu menampung debit hujan, dan pemanfaatan saluran drainase oleh warga yang menyebabkan pengurangan dimensi drainase.
4. Hasil analisis hidrologi dengan menggunakan data dari Pos Hujan Pabelan (data tahun 1979 – 2024) dan Pos Hujan Jurug (data tahun 2018 – 2024). Hujan kala ulang 10 tahunan sebesar 147,6 mm sedangkan debit banjir kala ulang 10 tahunan (Q_{10}) sebesar $3,17 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit kawasan Kampung Sambirejo).
5. Dari analisis hidraulika 1 dimensi, didapatkan kesimpulan bahwa Seri 3, yaitu pemecahan aliran setelah talang + kolam retensi $30 \text{ m} \times 40 \text{ m}$ + pompa kapasitas 300 liter/s, merupakan simulasi yang paling efektif karena dapat menurunkan tinggi muka air hingga mendapatkan *freeboard* sebesar 33 cm dan menurunkan waktu genangan di bawah 1 jam.
6. Penerapan kolam retensi di wilayah perkotaan dengan karakteristik seperti kota Surakarta memiliki tantangan penyediaan lahan retensi, sehingga koordinasi dengan *stakeholder* diperlukan untuk menyediakan lahan.

Saran

Berdasarkan hasil studi, dapat disampaikan beberapa hal yang perlu menjadi perhatian antara lain:

1. Asumsi analisis dengan kondisi transpor sedimen yang dapat mengurangi kapasitas pada saluran *box culvert* dengan *slope* sangat rendah perlu diperhatikan;
2. Proses pemisahan saluran drainase kawasan maupun drainase jalan perlu dipertimbangkan untuk perencanaan ke depan;
3. Pemanfaatan Kolam retensi akan menampung air dari drainase lingkungan yang diarahkan melalui *collector drain* (1 m x 1 m) dengan volume efektif 3000 m³ (30 m x 40 m, kedalaman 2,5 m) yang dibantu menggunakan pompa (300 liter/s) untuk operasionalnya perlu dipertimbangkan;
4. Analisis pemantauan dan peningkatan kualitas air sebelum masuk dan setelah keluar dari kolam retensi sehingga faktor konservasi dapat terukur;
5. Rekomendasi bahwa pertimbangan perubahan tata guna lahan akibat pembangunan infrastruktur perkotaan maupun pembangunan perumahan perlu memperhitungkan perubahan koefisien limpasan sehingga risiko tambahan limpasan dapat dikendalikan; dan
6. Perlu diperhitungkan peran masyarakat dalam mengurangi dampak kejadian banjir terutama di kawasan padat penduduk sehingga reduksi dampak dapat terukur.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung terwujudnya studi ini, terutama kepada pegawai dan Kepala Balai Teknik Sungai, serta *Stakeholder* Kementerian PU atas kerja sama dan bantuannya selama pelaksanaan studi ini.

Daftar Referensi

- Baird, J. B., Winston, R. J. & & Hunt, W. F., 2020. Evaluating the hydrologic and water quality performance of novel infiltrating wet retention ponds. *Blue-Green Systems*, Volume 2(1), p. 282–297. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.010>
- Brunner, G. W., 2024. *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual, Version 6.5*. Davis, CA: U.S. Army Corps of Engineers. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_Hydraulic_Reference_Manual_v6.5.pdf
- D'Ambrosio, R. & Longobardi, A., 2023. Adapting drainage networks to the urban development: An assessment of different integrated approach alternatives for a sustainable flood risk mitigation in Northern Italy. *Sustainable Cities and Society*, 98(104856). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104856>
- Devianto, M. R., Joubert, M. D., Amini, I. S. & Praja, T. A., 2022. *Analisis kapasitas jaringan drainase menggunakan aplikasi SWMM pada kejadian banjir kawasan Simpang Joglo, Surakarta*. Mataram, Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia, pp. 944-955. <https://hathi.id/pit39-hathi/>

- Hamers, E. M., Maier, H. R., Zecchin, A. C. & Delden, H. v., 2024. Framework for considering the interactions between climate change, socio-economic development and land use planning in the assessment of future flood risk. *Environmental Modelling & Software*, 171(105886). <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105886>
- Istiarto, 2014. *Modul Tutorial HEC-RAS*. [Online] Available at: <https://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/hec-ras/modul-hec-ras/> [Diakses 20 Agustus 2025].
- Koike, T., 2021. Evolution of Japan's flood control planning and policy in response to climate change risks and social changes. *Water Policy*, 23(S1), pp. 77-84. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.287>
- Li, H., 2020. Investigation of Highway Stormwater Management Pond Capacity for Flood Detention and Water Quality Treatment Retention via Remote Sensing Data and Conventional Topographic Survey. *Transportation Research Record*, Volume 2674(7), pp. 514-527. <https://doi.org/10.1177/0361198120923658>
- Zainalfikry, M. et al., 2020. *HEC-RAS One-Dimensional Hydrodynamic Modelling for Recent Major Flood Events in Pahang River*. Penang, AICCE'19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32816-0_83