

Efektivitas Penerapan Kolam Detensi dan Sistem Pompa dalam Pengendalian Banjir di Kampung Rawa Bamban

Effectiveness of Detention Ponds and Pump Systems in Flood Control in Rawa Bamban Village

Fuad Hasan^{1)*}, Bambang Eko Widyanto²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama
Jl. Cikutra no 204 A Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: hasan.fuad@widyatama.ac.id

Accepted: 19 December 2024; Revised: 27 February 2025; Approved: 05 June 2025

Abstract

Kampung Rawa Bamban, Benda District, Tangerang City, is highly prone to flooding due to its flat topography, inadequate drainage systems, and uncontrolled water flow. High rainfall intensifies the issue, leading to prolonged inundation. Flooding results in significant material losses, disrupts daily activities, and degrades environmental quality. Therefore, an effective and sustainable solution is essential. This study aims to evaluate the effectiveness of detention ponds and pump systems as an integrated flood control strategy. The research employs topographic analysis, flood volume calculations, and hydrologic-hydraulic simulations to assess the performance of retention ponds and pumps. The detention pond functions as a temporary reservoir for stormwater runoff, while the pump discharge excess water into drainage channels once the pond reaches its capacity. The results show that the retention pond can store up to 1,208 m³ of stormwater. Based on land availability, the pond is designed with a surface area of 300 m² and a depth of 4 m, supported by a pump with a capacity of 300-liters-per-second. Model simulations indicate that the pond reaches near-maximum elevation at 05:36, prompting triggering pump activation at 05:37. After operating for approximately two hours, the pond is fully drained before 07:00. The combination of detention pond and pump is effective in reducing the flood extent and shortening the inundation duration. This study offers valuable insights for local governments in developing sustainable flood mitigation strategies.

Keywords: Drainage, flood management, detention pond, pump, inundation

Abstrak

Kampung Rawa Bamban, Kecamatan Benda, Kota Tangerang, merupakan daerah rawan banjir akibat topografi yang datar, sistem drainase yang tidak memadai, serta aliran air yang tidak terkendali. Curah hujan yang tinggi semakin memperparah kondisi ini, menyebabkan genangan air yang berlangsung lama. Banjir berdampak signifikan terhadap kerugian material, terganggunya aktivitas harian, serta penurunan kualitas lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan ini. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan efektivitas penerapan kolam detensi dan sistem pompa sebagai solusi pengendalian banjir yang terintegrasi. Metode yang digunakan meliputi analisis topografi, perhitungan volume banjir, serta simulasi hidrologi-hidraulik untuk memodelkan kinerja kolam detensi dan pompa. Kolam detensi berfungsi sebagai penampungan sementara limpasan air hujan, sedangkan pompa digunakan untuk mengalirkan kelebihan air ke saluran pembuangan saat kapasitas kolam mencapai batas maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolam dapat menampung air hujan hingga 1208 m³. Kolam detensi dirancang berdasarkan ketersediaan lahan, dengan luas 300 m² dan kedalaman 4 m, serta dilengkapi dengan pompa berkapasitas 300 liter per detik. Berdasarkan simulasi, kolam mencapai elevasi hampir maksimum pada pukul 05:36, diikuti dengan pompa mulai beroperasi pada pukul 05:37. Setelah beroperasi selama kurang lebih 2 jam, air dalam kolam berhasil dipompa hingga kering sebelum pukul 07:00. Kombinasi kolam detensi dan sistem pompa terbukti efektif dalam mengurangi luas serta memperpendek durasi genangan. Temuan ini dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah dalam menyusun strategi mitigasi banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Drainase, penanganan banjir, kolam detensi, pompa, genangan, Kampung Rawa Bamban

PENDAHULUAN

Kampung Rawa Bamban yang terletak di Kecamatan Benda, Kota Tangerang, merupakan salah satu daerah yang sangat rentan terhadap banjir. Kondisi ini terutama disebabkan oleh topografi yang cenderung datar dan sistem drainase yang tidak memadai, yang memperburuk situasi saat curah hujan tinggi terjadi. Banjir yang sering melanda wilayah ini tidak hanya mengakibatkan kerugian material yang signifikan, tetapi juga menurunkan kualitas hidup masyarakat serta mengganggu aktivitas sehari-hari mereka. Banjir merupakan permasalahan yang umum terjadi di perkotaan khususnya di Indonesia. Faktor bertambahnya jumlah penduduk dan saluran drainase yang tidak lagi memadai menjadi faktor utama penyebab utama banjir Indonesia. Banjir adalah kondisi ketika ketidakmampuan saluran untuk menampung air atau terhambatnya aliran air dalam saluran (Suripin, 2004). Menurut Butler dkk. (2018), saat air hujan jatuh ke tanah, air tersebut akan mengalami evapotranspirasi, infiltrasi menjadi air tanah, dan menjadi limpasan pada permukaan.

Studi ini bertujuan mengevaluasi solusi pengendalian banjir yang sesuai dengan kondisi wilayah. Drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengendalikan air limpasan, sehingga penggunaan lahan tetap optimal (Apriyanza dkk., 2019).

Dalam upaya mengatasi masalah banjir yang berulang, penelitian ini mengusulkan penerapan kolam detensi dan sistem pompa sebagai solusi terintegrasi. Kolam detensi dirancang untuk menampung air hujan sementara, yang kemudian dilepaskan secara bertahap ke dalam sistem drainase. Selain itu, sistem pompa akan memindahkan air dari kolam detensi ke saluran pembuangan saat kapasitas kolam telah mencapai batas maksimum. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM) 5.2 untuk permodelan kapasitas tampungan dalam menampung limpasan yang terjadi serta kemampuan pompa dalam mengalirkan air dari kolam ke saluran pembuangan. Pemilihan SWMM juga didasari oleh kapabilitasnya yang lengkap karena dapat mensimulasikan berbagai jenis aliran baik saluran terbuka maupun tertutup, serta komponen sistem drainase lain (Al Amin, 2020). Zevri (2019) dan Andayani dkk. (2019) membuat desain kolam retensi, namun tidak mempertimbangkan luasannya sehingga membutuhkan luasan yang sangat besar. Hidayah dkk. (2024) membuat desain kolam retensi dengan mempertimbangkan letak pada wilayah kajian. Adapun Grace dkk. (2022) melakukan studi

perencanaan sistem drainase dan pengendalian banjir dengan menggunakan kolam retensi dan pompa. Arbaningrum (2018) melakukan penelitian mengenai sistem polder dengan pompa untuk mitigasi banjir dan rob di Semarang dengan pemodelan satu dimensi menggunakan HEC-HMS 4.0. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa untuk pola operasional pompa untuk mengurangi dampak banjir 25 tahunan dengan mengintegrasikan sistem pompa dengan kolam retensi. Gunawan dkk. (2021) melakukan pemodelan numerik untuk mengendalikan banjir dengan menggunakan sistem pompa di hulu dan hilir sungai. Adityawan dkk. (2024) membahas bagaimana pembangunan bandara mengubah tata guna lahan dan meningkatkan ketinggian permukaan tanah hingga 9 m, yang berpotensi menyebabkan banjir di daerah. Abraham Metto dkk. (2021) menganalisis karakteristik daerah tangkapan air di Eldoret untuk kalibrasi dan validasi model SWMM5, yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan air hujan. (Zhuang dkk., 2023) mengembangkan kerangka otomatis untuk menyusun dan mengkalibrasi SWMM dengan lebih andal untuk mengatasi kompleksitas dalam penyusunan model SWMM. (Mardjono dkk., 2022) menambahkan kolam retensi di hulu bendungan sehingga dapat mengurangi beban banjir hingga 18%. Kolam retensi adalah salah satu solusi pengendalian banjir, tetapi efektivitasnya harus dianalisis lebih lanjut (Juliandar, 2021). Perencanaan kolam retensi di kampus Unsam Aceh memiliki potensi besar untuk mendukung pengelolaan air yang berkelanjutan, tetapi perlu dioptimalkan baik dari segi kapasitas penyimpanan maupun kualitas air (Irwansyah dkk., 2024). Pramono dkk. (2023) melakukan penanganan banjir dengan merencanakan rumah pompa di Surabaya yang efektif dalam mengurangi durasi dan luas genangan, meskipun belum sepenuhnya optimal. Interkoneksi sistem rumah pompa di berbagai lokasi, termasuk Unesa Ketintang dan Waduk Wonorejo, efektif dalam mengurangi genangan, mempercepat drainase air, serta tetap mengoptimalkan fungsi waduk untuk mengatasi banjir perkotaan di Surabaya (Kusnan & Suryaman, 2020). (Nayeb Yazdi dkk., 2021) membuat pemodelan kolam retensi dan pompa menggunakan program SWMM yang menghasilkan optimasi operasi stasiun pompa dalam sistem drainase perkotaan yang lebih efisien dibanding metode tradisional. (Zhang dkk., 2024) mengevaluasi efisiensi pemodelan drainase perkotaan menghasilkan model yang diperbaiki lebih akurat, dengan kesalahan relatif rendah (0,27%–2,80%) dan efisiensi tinggi dalam mensimulasikan banjir serta kinerja drainase.

Pendekatan penanganan banjir dengan menggunakan berbagai model numerik diharapkan tidak hanya dapat mengurangi frekuensi dan intensitas banjir, tetapi juga meminimalkan dampak negatif seperti kerusakan infrastruktur dan terganggunya mobilitas masyarakat akibat banjir.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi kolam detensi dan pompa dalam pengelolaan banjir di Kampung Rawa Bambi. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada evaluasi terhadap efektivitas kombinasi teknik pengendalian banjir yang diadaptasi untuk wilayah dataran rendah dengan menggunakan SWMM. Berbeda dengan studi sebelumnya yang cenderung menilai komponen infrastruktur secara terpisah, penelitian ini menganalisis interaksi dinamis antara kapasitas detensi, laju pemompaan, dan pola hujan dalam berbagai skenario hidrologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi strategi penanganan banjir di wilayah lain dengan karakteristik serupa.

METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penanganan banjir di Kampung Rawa Bambi,

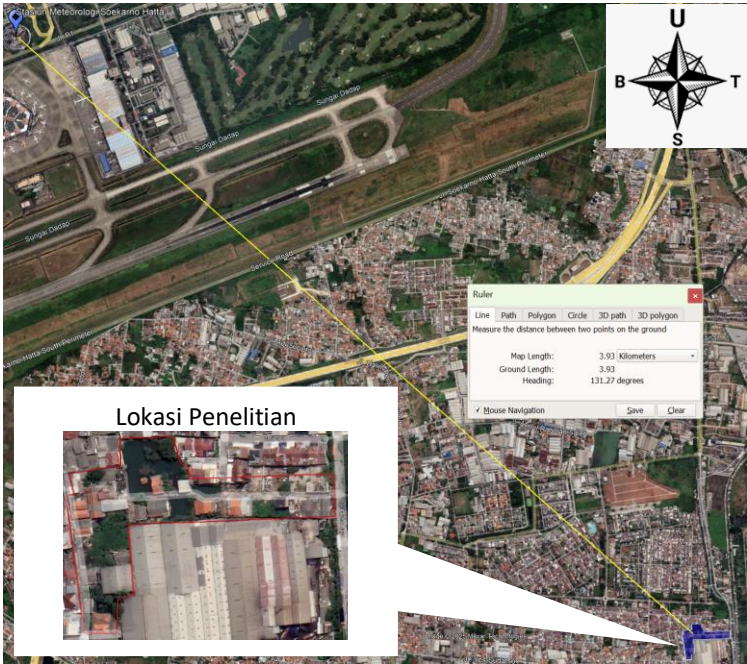
Kecamatan Benda, Kota Tangerang, dengan fokus pada penggunaan kolam detensi dan pompa air melalui pemodelan matematis menggunakan SWMM. Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui survei lapangan, wawancara dengan masyarakat setempat, dan analisis data sekunder. Data yang dikumpulkan meliputi informasi tentang frekuensi dan intensitas banjir, kondisi sistem drainase, topografi wilayah, curah hujan, serta kondisi infrastruktur yang ada. Data primer berupa survei topografi mencakup luas aktual daerah tangkapan air dan elevasi lahan. Adapun data sekunder meliputi data curah hujan dari stasiun BMKG Soekarno-Hatta Cengkareng selama 12 tahun terakhir serta data tata guna lahan di wilayah Kampung Rawa Bambi yang diperoleh melalui identifikasi foto udara. Gambar 1 menyajikan lokasi penelitian, jarak ke stasiun hujan terdekat, serta peta tata guna lahan berdasarkan citra udara.

Tabel 1 Data Penelitian

No	Uraian	Sumber
1	Data Hujan 12 tahun terakhir	Data Sekunder (BMKG)
2	Data topografi wilayah Kampung Rawa Bambi	Survei Primer
3	Data frekuensi, intensitas, durasi banjir	Survei Primer dan Sekunder
4	Data tata guna lahan	Survei Primer dan Sekunder



Sumber : Google Earth (2024)

Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Stasiun Hujan

2. Evaluasi kondisi eksisting, analisis hidrologi, desain infrastruktur, dan simulasi SWMM

Tahapan ini mencakup evaluasi kondisi eksisting, analisis hidrologi, desain infrastruktur, serta simulasi penanganan banjir menggunakan perangkat lunak SWMM. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Kondisi eksisting : Banjir terjadi setiap tahun akibat sistem drainase yang tidak memadai serta kondisi muka air sungai yang lebih tinggi dari wilayah Kampung Rawa Bamban.
- Analisis hidrologi : Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung intensitas hujan berdasarkan data curah hujan dan karakteristik daerah tangkapan air serta volume genangan yang terjadi akibat curah hujan dengan periode ulang tertentu.
- Desain Kolam detensi dan Pompa : Berdasarkan hasil analisis hidrologi, kolam detensi dirancang dengan kapasitas yang mampu menampung limpasan air hujan dari daerah tangkapan air yang ditinjau. Desain kolam detensi mencakup perhitungan volume tampungan, dimensi kolam, serta penentuan lokasi strategis di sekitar Kampung Rawa Bamban. Selain itu, pompa air dirancang dengan kapasitas tertentu dan ditempatkan di kolam detensi untuk mengalirkan genangan ke saluran pembuangan.
- Simulasi Penanganan Banjir dengan SWMM: Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak SWMM untuk memodelkan aliran air dan menguji efektivitas kolam detensi serta pompa dalam mengurangi risiko banjir. Model ini mengintegrasikan data curah hujan periode ulang tertentu, topografi wilayah, dan kapasitas sistem drainase untuk mensimulasikan skenario banjir. Simulasi ini membantu dalam memprediksi kinerja infrastruktur yang dirancang dalam skenario banjir dan mengevaluasi efisiensi sistem dalam mengendalikan aliran air.

3. Penyusunan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, rekomendasi teknis disusun untuk implementasi kolam detensi dan pompa air di Kampung Rawa Bamban. Rekomendasi ini mencakup desain kolam detensi, spesifikasi pompa, operasi pompa, serta integrasi dengan sistem drainase eksisting. Dengan penerapan pendekatan metodologis ini, solusi yang diusulkan diharapkan mampu secara efektif mengurangi risiko dan dampak banjir di wilayah Kampung Rawa Bamban, sehingga meningkatkan ketahanan wilayah terhadap bencana banjir dan meminimalkan potensi kerugian material serta gangguan terhadap aktivitas masyarakat.

Uji Distribusi

Metode yang digunakan untuk uji distribusi adalah Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log-Pearson Tipe III. Kriteria parameter untuk setiap distribusi dapat dilihat pada **Tabel 2** Syarat Parameter Sebaran Uji Distribusi.

Tabel 2 Parameter Sebaran Uji Distribusi

No	Metode	Syarat
1	Normal	$C_s \approx 0,00$; $C_k = 3,00$
2	Log Normal	$C_s \approx 3CV + Cv$; $C_v \approx 0,06$
3	Gumbel	$C_s \leq 1,139$; $C_k \leq 5,4002$
4	Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$; $C_k > 4,5$

Sumber: Sri Harto dalam (Handayani 2005)

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pengujian kesesuaian distribusi frekuensi dilakukan menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov.

$$D_n = \max [P(x) - P_o(x)] \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

D_n : jarak vertikal maksimum antara distribusi kumulatif empiris dan distribusi kumulatif teoritis

$P(x)$: probabilitas kumulatif empiris dari data sampel

$P_o(x)$: probabilitas kumulatif dari distribusi teoritis

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan analisis awal terhadap data curah hujan sebelum digunakan dalam analisis lanjutan (Rotikan dkk., 2019). Setelah data dinyatakan layak melalui uji kualitas, maka analisis curah hujan rencana dapat diperhitungkan dengan menggunakan analisis frekuensi. Analisis frekuensi bertujuan untuk menghubungkan besaran peristiwa ekstrem dengan frekuensi kejadiannya, dengan menerapkan distribusi kemungkinan atau distribusi probabilitas (Suripin, 2004). Persamaan yang dapat digunakan untuk analisis frekuensi dengan data curah hujan harian maksimum tahunan adalah:

$$X_T = X_{rata-rata} + K_T \cdot S \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

X_T : tinggi curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$X_{rata-rata}$: tinggi curah hujan rata-rata dari seri data

K_T : faktor frekuensi dari jenis distribusi seri data

s : standar deviasi tinggi curah hujan.

Menurut Chow dkk. (1988) dalam *Applied Hydrology* dan Suripin (2004) dalam *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, analisis frekuensi dilakukan dengan beberapa pendekatan distribusi, seperti distribusi Normal, Pearson, GEV, dan lainnya.

Intensitas Hujan

Dalam analisis debit banjir, diperlukan data curah hujan rencana yang telah dikonversi menjadi intensitas jam-jaman (Christian dkk., 2017). Karena data yang tersedia merupakan data harian, maka untuk memperhitungkan intensitas hujan yang dibutuhkan digunakan Persamaan sebaran hujan jam-jaman metode Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

I : intensitas hujan (mm/jam)

R₂₄ : curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang T tahun (mm)

t : waktu konsentrasi (jam)

Koefisien Aliran Permukaan

Besarnya aliran limpasan permukaan sangat tergantung pada nilai koefisien aliran permukaan (C). Nilai koefisien aliran permukaan disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Nilai Koefisien Aliran Permukaan (C) Berdasarkan Tipe Daerah Aliran

Tipe Daerah Aliran	Keterangan	Harga C
Perumputan	Tanah pasir, datar 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Kawasan Komersial	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Single family	0,30-0,50
	Multi units, terpisah-pisah	0,40-0,60
	Multi units, tertutup	0,60-0,75
	Perumahan apartemen	0,25-0,40
Pertamanan		0,10-0,25
Tempat Bermain		0,20-0,35
Daerah yang tidak dikerjakan		0,10-0,30

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014)

Perhitungan Volume Hujan

Volume hujan yang digunakan dalam perhitungan untuk kawasan Kampung Rawa Bambi ditentukan berdasarkan periode ulang lima tahun. Volume banjir dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$V = R \times A \times C \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

V : volume genangan (m³)

R : curah hujan rencana (m)

A : luas daerah tangkapan (m²)

C : koefisien aliran

Model Matematika SWMM

Untuk menyelesaikan masalah banjir di lokasi pekerjaan, dikembangkan suatu konsep pemodelan menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM) agar dapat memodelkan kondisi aktual di lapangan. SWMM digunakan untuk simulasi sistem kompleks dan berbagai strategi pengendalian limpasan air hujan (Niazi dkk., 2017). Perhitungan dimensi kolam dan kapasitas pompa dapat dilakukan dengan menggunakan SWMM. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan SWMM dalam memodelkan kolam dapat diandalkan secara akurat (Nayeb Yazdi dkk., 2021). SWMM dipilih untuk simulasi, karena merupakan perangkat lunak yang paling banyak digunakan dalam pemodelan hidrologi dan hidraulik kawasan perkotaan (Owolabi dkk., 2022). Model ini memberikan solusi efisien dan praktis untuk pengelolaan drainase perkotaan, terutama saat data terbatas dan diperlukan simulasi berulang (Farina dkk., 2023). McDonnell dkk. (2020) mengembangkan *Bayes_Opt-SWMM* yang menawarkan pendekatan inovatif untuk meningkatkan pemodelan banjir *real-time* dengan optimasi parameter yang lebih akurat, sehingga dapat membantu manajemen banjir dan sistem drainase pintar di kota.

Dalam pemodelannya, digunakan data hujan aktual yang sesuai dengan durasi simulasi hujan yang ditentukan, sehingga dapat memberikan hasil yang berbeda dari metode rasional (Rossman, 2015).

Konsep pemodelan penanganan banjir menggunakan program SWMM dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut: seluruh air hujan yang berasal dari daerah tangkapan diasumsikan mengalir menuju kolam penampungan yang dirancang sesuai dengan mempertimbangkan ketersediaan lahan yang ada. Setelah tertampung di kolam tersebut, air kemudian dipompa melalui

jaringan pipa menuju sungai terdekat untuk dibuang. Diagram skematik konsep pemodelan SWMM di Kampung Rawa Bamban ditunjukkan pada Gambar 2.

Penentuan Kolam Detensi

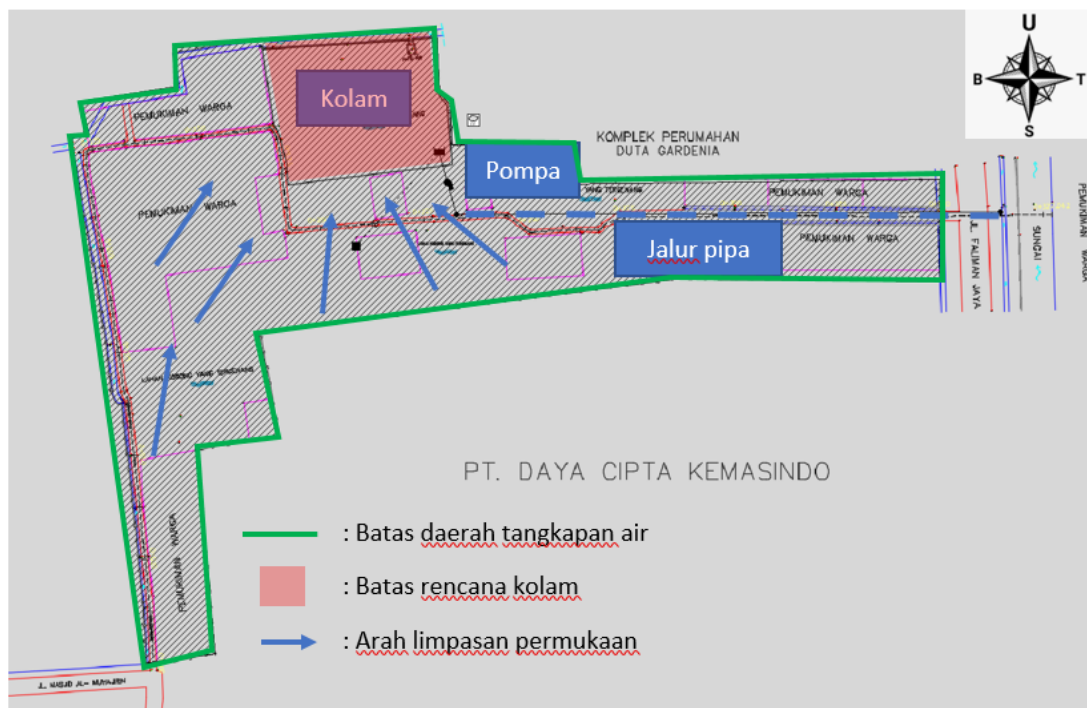
Penentuan kolam detensi mengacu pada pedoman dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012). Terdapat empat jenis lokasi untuk kolam retensi, detensi, dan tandon.

1. Kolam retensi dan detensi terletak di samping badan saluran.
2. Kolam retensi dan detensi terletak di dalam badan saluran.
3. Kolam retensi dan detensi terletak di sepanjang saluran, yang disebut *channel storage* atau *long storage*.

4. Kolam tandon dapat ditempatkan di luar alur sungai.

Pada studi ini, kolam detensi direncanakan berada di samping badan saluran. Beberapa aspek utama yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi area genangan serta parameter yang mencakup luas, tinggi, durasi, frekuensi, dan faktor penyebab genangan.
2. Mengidentifikasi saluran yang ada di lokasi
3. Menentukan lokasi kolam detensi, yang dapat ditempatkan di area genangan atau di bagian hulu.
4. Merancang sistem aliran masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*).
5. Merencanakan sistem pompa dan kapasitasnya



Gambar 2. Konsep Pemodelan SWMM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan berdasarkan berbagai tahapan analisis yang telah dilakukan, disertai pembahasan yang menginterpretasikan temuan berdasarkan teori dan penelitian sebelumnya. Temuan-temuan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan studi terdahulu untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap fenomena yang diteliti.

Analisis Frekuensi

Analisis hidrologi dilakukan di area Kampung Rawa Bamban. Potensi area yang menjadi daerah

tangkapan air adalah area yang telah diukur melalui survei topografi. Dari hasil pengukuran dapat diketahui bahwa potensi luasan yang menjadi daerah tangkapan air adalah seluas kurang lebih 10.465 m². Berdasarkan potensi daerah tangkapan air dapat pula ditentukan koefisien limpasan berdasarkan jenis tata guna lahannya. Jenis tata guna lahan di kawasan kampung Rawa Bamban didominasi oleh pemukiman padat. Berdasarkan luas tata guna lahan yang ada, maka diperkirakan nilai koefisien limpasan untuk kawasan kampung Rawa Bambang adalah sebesar 0,9. Hasil analisis frekuensi hujan dengan berbagai metode dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Hasil Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)

Kala Ulang T (Tahun)	t	Distribusi Probabilitas			
		Normal	Lognormal 2 Paramet,	Gumbel I	Log Pearson III
2	0,0	105,0	101,7	101,2	104,9
5	0,8	127,3	125,5	131,9	128,3
10	1,2	139,0	140,0	152,2	140,3
20	1,6	148,7	153,3	171,6	149,8
25	1,7	151,5	157,4	177,8	152,5
50	2,0	159,5	169,8	196,8	160,0
100	2,3	166,8	181,7	215,7	166,4
1000	3,0	187,1	219,9	278,1	182,5
Simpangan Maksimum,		9,35	11,22	11,22	8,27
Delta Kritis (Tarf Signifikansi %)	5	37,5	37,5	37,5	37,5

Setelah dilakukan perhitungan analisis frekuensi, dinyatakan bahwa penyimpangan maksimum untuk distribusi Log Pearson III bernilai paling kecil apabila dibandingkan dengan distribusi lainnya. Berdasarkan hasil analisis frekuensi yang telah dilakukan, curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Curah Hujan Rencana

Kala Ulang T (Tahun)	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm/hari)
2	104,9
5	128,3
10	140,3
20	149,8

Periode ulang rencana umumnya ditetapkan berdasarkan fungsi tata guna lahan serta tingkat kepentingan dari perlindungan banjir. Periode ulang banjir rencana akan secara langsung terkait pada biaya infrastrukturnya (Hasan dkk., 2023). Untuk penerapan di wilayah Kampung Rawa Bambi, yang memiliki luas daerah tangkapan air sebesar 10.465 m² dan terletak di kawasan kota metropolitan, acuan dari Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya menyarankan penggunaan periode ulang 2 tahun ($R_2 = 104,9$ mm) atau 5 tahun ($R_5 = 128,3$ mm). Namun demikian, dalam kajian ini akan digunakan periode ulang 5 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan analisa frekuensi, hujan harian maksimum pada periode ulang 5 tahun adalah 128,3 mm. Jenis tata guna lahan di kawasan Kampung Rawa Bambi

didominasi oleh permukiman padat dan industri berat. Dengan mempertimbangkan luas tata guna lahan yang telah diperkirakan, nilai koefisien limpasan untuk kawasan tersebut diperkirakan sebesar 0,9. Perhitungan beban volume hujan di kawasan Kampung Rawa Bambi ini dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut.

Tabel 6 Perhitungan Volume Hujan

No	Lokasi	R24 (mm)	A (m ²)	C	Volume (m ³)
1	Kampung Rawa Bambi	128,30	10465	0,9	1208

Dengan demikian, maka volume hujan yang timbul dari hujan dengan periode ulang 5 tahun di kawasan kampung Rawa Bambi adalah sebesar 1.208 m³. Dengan ketersediaan lahan seluas 300 m², diperlukan kedalaman kolam sebesar 4 meter untuk menampung volume genangan secara optimal.

Simulasi Penanganan Banjir Model SWMM

Perencanaan sistem pengendali genangan dalam studi ini diawali dengan analisis curah hujan rencana guna memperoleh nilai hujan maksimum untuk berbagai periode ulang. Nilai hujan maksimum tersebut digunakan sebagai data input curah hujan dalam pemodelan menggunakan perangkat lunak SWMM. Dalam pemodelan, diasumsikan bahwa seluruh limpasan dari daerah tangkapan air mengalir menuju kolam detensi yang direncanakan. Setelah air hujan tertampung di dalam kolam, aliran dialirkan ke sungai terdekat melalui sistem pemompaan menggunakan pipa tekan. Distribusi curah hujan yang dimasukkan ke dalam model SWMM disusun berdasarkan sebaran hujan jam-jaman menggunakan metode Mononobe. Distribusi ini menggambarkan proporsi intensitas hujan per jam terhadap total curah hujan rencana, seperti ditunjukkan pada **Tabel 7** dan **Gambar 3** berikut.

Tabel 7 Distribusi Sebaran Hujan

t	Rt	Hujan Netto dengan Kala Ulang			
		2	5	10	20
		104,90	128,30	140,30	149,80
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman (mm/jam)			
1	55,03%	57,73	70,61	77,21	82,44
2	14,30%	15,00	18,35	20,07	21,43
3	10,03%	10,53	12,87	14,08	15,03
4	7,99%	8,38	10,25	11,21	11,97
5	6,75%	7,08	8,65	9,46	10,10
6	5,90%	6,19	7,57	8,27	8,83



Gambar 3 Input Data Distribusi Sebaran Hujan

Parameter pemodelan yang digunakan untuk menganalisis daerah tangkapan air meliputi luas area sebesar 10.465 m² dan koefisien limpasan sebesar 0,9. Parameter tersebut menjadi dasar dalam simulasi karakteristik aliran permukaan (runoff) di wilayah studi, khususnya dalam estimasi volume limpasan yang mengalir menuju kolam detensi.

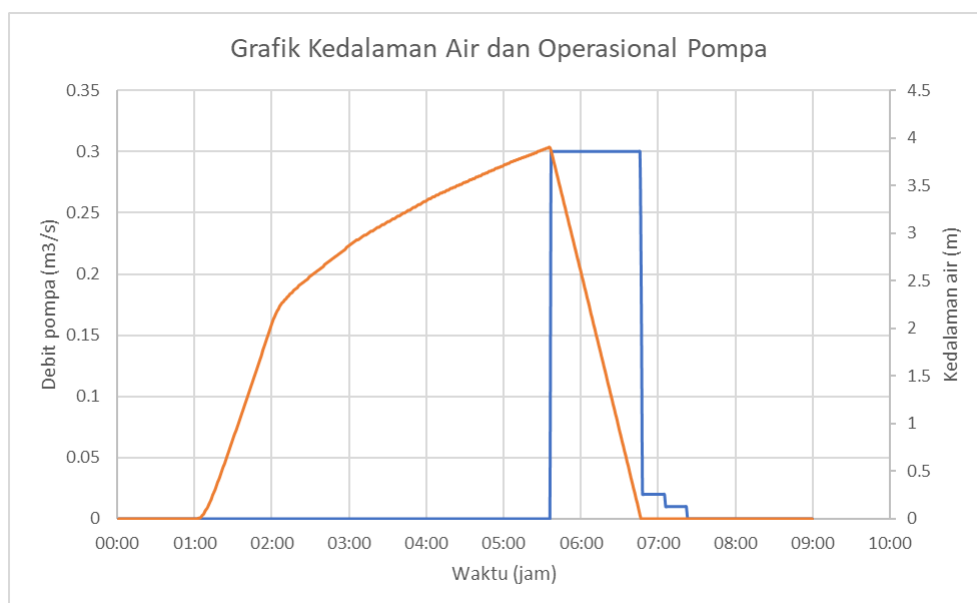
Menurut (Yudianto & Roy, 2019), struktur pengendali limpasan dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan fungsinya, yaitu jenis penyimpanan dan jenis peresapan. Dalam upaya menurunkan puncak hidrograf banjir, pendekatan yang digunakan dalam studi ini adalah pemodelan kolam tampungan atau detensi pada kawasan. Kolam tampungan merupakan kolam yang mampu menampung atau meresapkan air sementara yang tertampung di dalamnya (Andayani dkk., 2019). Perancangan kolam detensi mempertimbangkan keterbatasan ketersediaan lahan, dengan penempatan di luar jalur saluran utama agar tidak mengganggu sistem drainase yang direncanakan (Zevri, 2019). Dalam pemodelan ini, diasumsikan

bahwa seluruh air hujan yang jatuh di daerah tangkapan diarahkan masuk ke dalam kolam detensi yang telah direncanakan. Kolam detensi direncanakan mempunyai kedalaman 4 meter dan luas 300 m². Pemodelan sistem pemompaan dilakukan dengan kapasitas tetap (*constant flow rate*) sebesar 300 liter per detik atau 0,3 m³/s. Pompa dirancang untuk aktif secara otomatis saat muka air di kolam mencapai elevasi 3,9 meter, dan akan berhenti bekerja ketika tinggi muka air turun di bawah ambang tersebut. Pola operasi pompa dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Pola Operasi Pompa

Kedalaman kolam (m)	Debit pompa (m ³ /s)
0	0,3
1	0,3
2	0,3
3	0,3
4	0,3

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan, ketika terjadi hujan dengan periode ulang 5 tahun, limpasan yang terjadi di wilayah Kampung Rawa Baman ditampung pada kolam detensi yang direncanakan. Kolam detensi mencapai elevasi kritis (3,9 meter) pada pukul 05:36, yang memicu pengoperasian pompa secara otomatis mulai pukul 05:37. Pompa beroperasi selama kurang lebih 1 jam 10 menit hingga pukul 06:47, setelah itu tinggi muka air menurun dan kolam dalam kondisi kosong sebelum pukul 07:00. Grafik kedalaman air pada kolam disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Kedalaman Air dan Operasional Pompa Pada Kolam

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, total luas daerah tangkapan air tercatat sebesar 10.465 m² atau setara dengan 1,05 hektar, dengan volume hujan yang dapat ditampung sebesar 1.208 m³. Kolam detensi direncanakan sesuai dengan ketersediaan lahan, dengan luas 300 m² dan kedalaman 4 m, serta dilengkapi dengan pompa berkapasitas 300 liter per detik (0,3 m³/s). Pemodelan menunjukkan bahwa kolam mencapai elevasi hampir maksimum pada pukul 05:36, diikuti dengan pengoperasian pompa pada pukul 05:37. Setelah beroperasi selama sekitar 1 jam 10 menit, air dalam kolam berhasil dipompa hingga kering sampai pukul 06:47. Dengan demikian kombinasi kolam detensi dan pompa terbukti cukup efektif dalam pengelolaan banjir di Kampung Rawa Bamban. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas kolam detensi masih terbatas dalam menampung limpasan hujan ekstrem, sehingga pada kondisi curah hujan tinggi, potensi genangan tetap ada. Oleh karena itu, optimalisasi kapasitas tampungan dan efisiensi operasional pompa diperlukan untuk meningkatkan efektivitas sistem dalam mengatasi risiko banjir.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pemodelan sistem jaringan drainase guna memastikan aliran air dari titik terjauh dapat mencapai kolam detensi secara efektif. Selain itu, mengingat keterbatasan lahan di daerah Kampung Rawa Bamban, diperlukan kajian lebih lanjut untuk memastikan ketersediaan lahan yang memadai bagi pembangunan kolam detensi sesuai dengan perencanaan. Selain aspek ketersediaan lahan, perlu dianalisis lebih lanjut apakah kolam detensi dengan kedalaman 4 m dapat diterapkan, dengan mempertimbangkan struktur tanah dan kondisi air tanah setempat agar tidak menimbulkan permasalahan geoteknik di kawasan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada LPPM Universitas Widyatama atas dukungan dan bantuan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini, juga kepada dosen, mahasiswa serta rekan kerja dari pihak konsultan yang turut serta mendukung penelitian ini dari awal hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham Metto, R., Clement Kiprotich, K., & Emmanuel Chessum, K. (2021). Calibration and Validation of SWMM Model in a sub catchment in Eldoret Town, Kenya. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 33(1). <https://doi.org/10.11113/mjce.v33.16216>
- Adityawan, M. B., Rianto, A., Afif, F., Indrawanto, F., Farid, M., Kuntoro, A. A., Widyaningtias, W., Kardhana, H., Yakti, B. P., & Kusumastuti, D. (2024). Design of automatic flood control system in Kulon Progo, Special Region of Yogyakarta, Indonesia. *Results in Engineering*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102620>
- Al Amin, M. B. (2020). *Permodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Deepublish.
- Andayani, R., Djohan, B., & Arlingga, K. A. (2019). Penanganan banjir dengan kolam retensi (retarding basin) di Kelurahan Gandus Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 27–33. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v7i1.247>
- Apriyanza, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2019). Analisis kemampuan saluran drainase terhadap genangan banjir di Jalan Gunung Bungkok Kota Bengkulu dengan menggunakan aplikasi EPA SWMM 5.1. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 41–51. <https://doi.org/10.33369/ijts.10.2.41-51>
- Arbaningrum, R. (2018). Pemodelan pola operasi sistem pompa pada desain polder. *TEKNIK*, 39(2), 137–143. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39n2.18045>
- Butler, D., Digman, C., Makropoulos, C., & Davies, J. (2018). *Urban Drainage*, (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351174305>
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions.
- Christian, K., Yudianto, D., & Rusli, S. R. (2017). Analisis pola distribusi hujan terhadap perhitungan debit banjir DAS Cikapundung. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(3), 153–160.
- Farina, A., Di Nardo, A., Gargano, R., van der Werf, J. A., & Greco, R. (2023). A simplified approach for the hydrological simulation of urban drainage systems with SWMM. *Journal of Hydrology*, 623. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129757>
- Grace, A., Yudianto, D., & Fitriana, F. (2022). Optimasi perencanaan sistem drainase kawasan industri di Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/10.32679/jth.v13i2.712>
- Gunawan, H., Saggaf, A., & . S. (2021). Kajian penanganan banjir dengan sistem pompa di Sungai Bendung, Kota Palembang. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(1), 49–58. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.684>
- Hasan, F., Widyanto, E., Herdian Bayu, R., & Setiawan, A. (2023). Studi penerapan prinsip zero run-off dengan menggunakan sumur resapan di Kampus Universitas Widyatama. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 25(2).
- Hidayah, E., Putri, F. K., & Ma'Ruf, M. F. (2024). Retention pond as an alternative to mitigating

- runoff and sustainable water source at Jember University. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1347(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1347/1/012038>
- Irwansyah, I., Isma, F., Fajri, H., & Basrin, D. (2024). The study of potential retention ponds in Samudra University to meet raw water demand and flood control. *Indonesian Journal of Geography*, 56(3), 396–408. <https://doi.org/10.22146/ijg.89112>
- Juliandar, M. (2021). Analysis of the effectiveness of the retention pool as flood control. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 683(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/683/1/012147>
- Kusnan, & Suryaman, H. (2020). Sustainable flood prevention using interconnection of house pump system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042027>
- Mardjono, A., Juwono, P. T., Limantara, L. M., & Suhartanto, E. (2022). Model of flood attenuation by combining dry dam and retention pond distribution. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(8), 25–31. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.8.4>
- McDonnell, B., Ratliff, K., Tryby, M., Wu, J., & Mullaipudi, A. (2020). PySWMM: The Python interface to Stormwater Management Model (SWMM). *Journal of Open Source Software*, 5(52), 2292. <https://doi.org/10.21105/joss.02292>
- Nayeb Yazdi, M., Scott, D., Sample, D. J., & Wang, X. (2021). Efficacy of a retention pond in treating stormwater nutrients and sediment. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125787>
- Niazi, M., Nietch, C., Maghrebi, M., Jackson, N., Bennett, B. R., Tryby, M., & Massoudieh, A. (2017). Storm Water Management Model: Performance review and gap analysis. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 3(2). <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000817>
- Owolabi, T. A., Mohandes, S. R., & Zayed, T. (2022). Investigating the impact of sewer overflow on the environment: A comprehensive literature review paper. *Journal of Environmental Management*, 301, 113810. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113810>
- Pramono, S., Roekminiati, S., & Vitianingsih, A. V. (2023). Effectiveness of flood management through pump houses based on geographic information systems in the City of Surabaya. *Proceedings of the International Conference of Public Administration and Governance (ICOPAG 2022)*, 349–368. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-082-4_32
- Rossmann, L. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati : EPA.
- Rotikan, J., Sumarauw, J. S. F., & Mananoma, T. (2019). Penataan sistem drainase di Jalan Singa Laut Malalayang Dua. *Jurnal Sipil Statik*, 7(3), 337–350.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan*. Andi Offset.
- Yudianto, D., & Roy, A. F. V. (2019). Pemanfaatan kolam retensi dan sumur resapan pada sistem drainase kawasan padat penduduk. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 103–121. <https://doi.org/10.28932/jts.v5i2.1317>
- Zevri, A. (2019). Desain kolam retensi pada daerah aliran sungai Bekala. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 15(2), 90. <https://doi.org/10.25077/jrs.15.2.90-102.2019>
- Zhang, X., Kang, A., Lei, X., & Wang, H. (2024). Urban drainage efficiency evaluation and flood simulation using integrated SWMM and terrain structural analysis. *Science of the Total Environment*, 957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177442>
- Zhuang, Q., Li, M., & Lu, Z. (2023). Assessing runoff control of low impact development in Hong Kong's dense community with reliable SWMM setup and calibration. *Journal of Environmental Management*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118599>