

Evaluasi pengendalian genangan dengan kolam retensi Jati Wetan Kecamatan Karanganyar Kabupaten Kudus

Muhammad Ardian Candra Satyarso¹, Sri Amini Yuni Astuti^{1,*}

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Flood control
Nakayasu SUH
Pump capacity
Retention pond

Corresponding Author:

Sri Amini Yuni Astuti
amini_yuni@uii.ac.id

Abstract

Jati Wetan Village frequently experiences inundation problems that require appropriate handling and control infrastructure. This study aims to evaluate the performance of the existing retention pond's flood control system and to plan an adequate infrastructure redesign to optimally accommodate the design flood discharge. The areal rainfall analysis in this study was conducted using the Thiessen Polygon method utilizing data from three observation stations: Kedung Gupit, DPU Kudus, and Tanjung Mojo. Furthermore, the surface runoff simulation to obtain the design flood hydrograph was calculated using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (SUH) method. The hydrological analysis resulted in a design rainfall of 214.86 mm for a 10-year return period, with a peak inflow reaching 592.84 m³/s. The evaluation showed that the existing retention pond is no longer adequate. This is evidenced by the volume of water that had to be accommodated reaching 2256402.71 m³, triggering a deficit and resulting in an overflow of 2106402.71 m³ starting at the 3rd hour. As a solution, a system redesign is proposed by expanding the pond area to 70 Hectares and a depth of 10 meters (7000000 m³ capacity), along with increasing the total pump capacity to 250 m³/s through a combination of 5 main pump units. The simulation of the proposed design showed a maximum volume of approximately 6503272 m³ with the highest water surface elevation at 9.29 meters at the 14th hour. Therefore, the storage capacity exceeds the calculated volume ($V_{\text{capacity}} > V_{\text{calculated}}$), completely eliminating the risk of overflow into residential areas.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Desa Jati Wetan di Kabupaten Kudus merupakan wilayah dataran rendah yang rentan terhadap genangan banjir akibat tingginya curah hujan, keterbatasan daya resap tanah, serta masifnya alih fungsi lahan menjadi kawasan terbangun. Upaya penanggulangan melalui pembangunan infrastruktur kolam retensi ternyata belum sepenuhnya efektif. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya banjir setinggi 20-40 cm pada awal Februari 2025 yang merendam

belasan rumah warga, menunjukkan bahwa kapasitas kolam retensi tersebut belum memadai. Idealnya, kolam retensi berfungsi krusial untuk menampung limpasan air hujan sementara waktu, mengurangi debit puncak aliran (*peak flow*), dan meringankan beban sistem drainase perkotaan. Berangkat dari ketidakefektifan infrastruktur eksisting tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja hidrologi dan hidraulika dari kolam retensi yang ada. Melalui evaluasi yang komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan langkah perbaikan atau redesain sistem pengendalian

banjir agar dapat berfungsi maksimal dalam melindungi masyarakat dari ancaman banjir musiman.

Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang terkait diantaranya adalah: Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendalian Banjir (Harmani dan Soemantoro, 2017), Perencanaan Kolam Retensi dan Stasiun Pompa Pada Sistem Drainase Kali Semarang (Prayoga dkk, 2019), Desain Kolam Retensi Berbantu Komputer di Cibuluh, Kota Bogor (Mahmudi dkk, 2020), Perencanaan Kolam Retensi Dalam Menanggulangi Bencana Banjir di Desa Tegaldowo Kab. Pekalongan (Amrullah, 2018), Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase dan Kolam Retensi pada Wilayah Taman Narogong Indah, Kota Bekasi (Suwanto, 2024).

Daerah aliran sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) atau *catchment area* merupakan suatu kawasan geografis, seluruh air hujan yang jatuh di dalamnya akan mengalir menuju satu saluran sungai utama. Batas DAS ditentukan secara topografis oleh punggung-punggungan elevasi yang tinggi berdasarkan aliran air permukaan, dan tidak didasarkan pada patokan air tanah yang cenderung fluktuatif.

Pengujian konsistensi metode RAPS

Analisis hidrologi digunakan untuk mengevaluasi sistem sumber daya air menggunakan data historis dan metode empiris. Sebelum digunakan, data hujan diuji konsistensinya menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Rumus simpangan kumulatif dihitung dengan Pers. 1 dan 2.

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (\bar{R} - R_i) \quad (1)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2)$$

Dengan S_k^* sebagai nilai penyimpangan kumulatif, R_i sebagai nilai curah hujan stasiun pada tahun i , $\bar{R}$ sebagai nilai R_i rata-rata, S_k^{**} sebagai nilai RAPS, D_y sebagai standar deviasi data Y .

Analisis curah hujan kawasan

Data curah hujan wilayah kemudian dihitung menggunakan Metode Poligon Thiessen, yang memperhitungkan luasan area pengaruh tiap stasiun. Rumus curah hujan rata-rata dihitung dengan Pers. 3.

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + P_3 \cdot A_3 + \dots + P_n \cdot A_n}{A_{total}} \quad (3)$$

Dengan P sebagai curah hujan rerata tahunan, $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ sebagai Curah hujan rerata di tiap titik pengamatan, $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ sebagai luas wilayah yang dibatasi poligon, A sebagai Luas daerah penelitian, n sebagai jumlah titik pengamatan.

Penentuan periode ulang hujan

Periode ulang hujan merupakan estimasi interval waktu rata-rata di mana suatu kejadian curah hujan dengan besaran tertentu diperkirakan akan disamai atau dilampaui. Penentuan parameter ini sangat esensial sebagai landasan untuk merancang kapasitas infrastruktur drainase agar mampu mengakomodasi debit limpasan secara optimal. Dalam penelitian ini, penentuan periode ulang didasarkan pada klasifikasi tipologi kota dan luas daerah tangkapan air (*catchment area*) dengan mengacu pada pedoman Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014.

Analisis frekuensi hujan

Analisis frekuensi curah hujan (Suripin, 2004). dilakukan untuk memprediksi besaran curah hujan rancangan pada berbagai periode ulang berdasarkan probabilitas kejadian dari data historis maksimum tahunan. Rumus menentukan rata-rata hujan dihitung dengan Pers. 4.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4)$$

Rumus menentukan standar deviasi dihitung dengan Pers. 5

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Rumus menentukan koefisien variasi dihitung dengan Pers. 6.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (6)$$

Rumus menentukan koefisien kemencengan dihitung dengan Pers. 7.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (7)$$

Rumus menentukan koefisien kurtosis dihitung dengan Pers. 8.

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (8)$$

Dengan $\bar{X}$ sebagai hujan rata-rata, X_i sebagai nilai hujan ke- i , n sebagai jumlah data, C_v sebagai koefisien variasi, S sebagai standar deviasi, C_s sebagai koefisien kemencengan, C_k sebagai koefisien kurtosis.

Penentuan jenis distribusi (Triatmodjo, 2008) probabilitas yang paling sesuai dilakukan dengan mengevaluasi parameter statistik data curah hujan kawasan khususnya koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien keruncingan (C_k) terhadap syarat batas masing-masing metode. Empat metode distribusi yang umum digunakan dalam analisis hidrologi turut dievaluasi dalam tahap ini, yaitu meliputi distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Syarat penentuan distribusi dapat dilihat pada Tabel 1, berikut.

Tabel 1. Persyaratan Penentuan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	$C_s \approx 0$
2	Log Normal	$C_k \approx 3$ $C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Analisis distribusi frekuensi

Distribusi frekuensi hujan adalah penyajian data curah hujan dalam bentuk kelompok-kelompok nilai berdasarkan besarnya curah hujan lalu dihitung berapa kali setiap interval tersebut terjadi dalam periode tertentu.

Rumus perhitungan distribusi Log Pearso III dihitung dengan Pers. 9.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S_Y$$

$$Y_i = \log X_i \quad (9)$$

Dengan Y_T sebagai nilai log dari perkiraan hujan yang diharapkan periode ulang T , $\bar{Y}$ sebagai nilai rata-rata log hujan, K_T sebagai faktor frekuensi, S_Y sebagai Simpangan baku variabel Y , n sebagai jumlah data.

Uji kesesuaian distribusi chi-kuadrat

Uji kesesuaian distribusi probabilitas bertujuan untuk menilai apakah bentuk distribusi peluang yang digunakan mampu menggambarkan karakteristik sebaran data sampel secara akurat (Soewarno, 1995). Rumus menentukan Chi-Kuadrat dihitung dengan pers. 10.

$$X^2 = \sum \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \quad (10)$$

Dengan X^2 sebagai Chi-Kuadrat, E_f sebagai frekuensi yang diharapkan, O_f sebagai frekuensi yang diamati.

Hytograph hujan rancangan

Untuk mentransformasikan data curah hujan harian maksimum menjadi corak taburan hujan jam-jaman (hyetograph), kajian ini mengaplikasikan kaedah empirikal Tadashi Tanimoto. Pemilihan kaedah ini didasarkan pada kesesuaiannya terhadap ciri-ciri hujan di Pulau Jawa yang umumnya tertumpu dalam tempo durasi 8 jam. Agihan peratusan hujan bagi setiap jam dari jam ke-1 hingga jam ke-8 berturut-turut ditetapkan pada tahap 26%, 24%, 17%, 13%, 7%, 5.5%, 4%, dan 3.5% daripada jumlah hujan harian rencana yang ditetapkan. Rumus perhitungan curah hujan jam-jam an dihitung dengan Pers. 11.

$$P = I_{10} \cdot p_t \% \quad (11)$$

Dengan P sebagai Curah hujan pada jam ke- t , I_{10} sebagai Curah hujan rancangan harian maksimum 10 tahun, p_t sebagai persentase distribusi.

Daerah yang tidak tersedia data untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Hidrograf Satuan Sintesis yang digunakan pada penelitian ini adalah HSS Nakayasu, yang dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Triatmodjo, 2008).

Rumus menentukan HSS Nakayasu dihitung dengan Pers. 12-17.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot Re}{0,3 \cdot T_p + T_{0,3}} \right) \quad (12)$$

Dengan persamaan turunan

$$T_p = t_g + 0,8 \cdot T_r \quad (13)$$

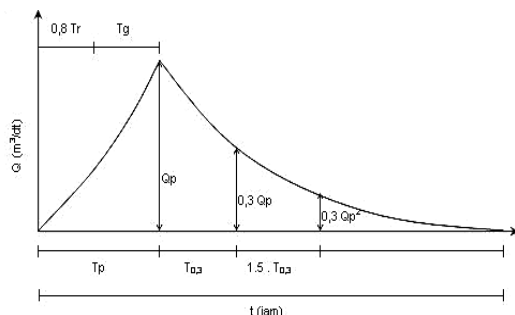
$$t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L \text{ Untuk } L > 15 \text{ Km} \quad (14)$$

$$t_g = 0,21 \cdot L^{0,7} \text{ Untuk } L < 15 \text{ Km} \quad (15)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (16)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \quad (17)$$

Dengan Q_p sebagai Debit puncak, A sebagai Luasan DAS, R_e sebagai Curah hujan efektif, T_p sebagai Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf, $T_{0,3}$ sebagai Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak, T_g sebagai Waktu Konsentrasi, T_r sebagai Satuan waktu dari curah hujan, α sebagai Koefisien karakteristik DAS biasanya diambil nilai 2 L sebagai Panjang sungai utama. Bentuk HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk HSS Nakayasu

Rumus perhitungan pada setiap kurva dihitung dengan Pers. 18-21.

a. Pada Kurva Naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (18)$$

b. Pada Kurva Turun 1 ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (19)$$

c. Pada Kurva Turun 2 ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 \cdot T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(0,5 \cdot T_{0,3})]}{(1,5 \cdot T_{0,3})}} \quad (20)$$

d. Pada Kurva Turun 3 ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 \cdot T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5 \cdot T_{0,3})]}{(2 \cdot T_{0,3})}} \quad (21)$$

Selanjutnya kedalaman hujan diperoleh dari pembagian antara volume total dan luas DAS yang nilainya harus sama dengan 1 mm. Rumus perhitungan pada kedalaman hujan dihitung dengan Pers 22.

$$\text{Kedalam Hujan} = \frac{\sum V_{asli}}{\text{Luas DAS}} \quad (22)$$

Untuk mendapatkan kedalaman hujan sama dengan 1 mm, maka HSS tersebut harus dikoreksi.

Debit hidrograf limpasan langsung

Besaran debit aliran permukaan yang diestimasi dengan mentransformasikan parameter hujan efektif menggunakan pendekatan HSS Nakayasu. Rumus perhitungan Debit Hidrograf Limpasan Langsung dihitung dengan Pers 23.

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} (p_m \cdot q_{n-m+1})$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, N$$

$$m = 1, 2, 3, \dots, M \quad (23)$$

Dengan Q_n sebagai Hidrograf limpasan langsung, p_m sebagai Hujan efektif, q_{n-m+1} sebagai Hidrograf satuan, N sebagai Jumlah ordinat dari hidrograf limpasan langsung, M sebagai Jumlah durasi hujan yang berurutan.

Imbangan air

Prinsip imbalan air didasarkan pada persamaan kontinuitas (Asdak, C, 2017),

untuk mengetahui perubahan volume tampungan air berdasarkan selisih antara debit yang masuk (*inflow*) dan debit yang keluar (*outflow*) pada suatu interval waktu tertentu. Rumus perhitungan Imbangan Air dihitung dengan Pers 24.

$$S_{n+1} = S_n + \left(\frac{I_{t+1}I_t}{2}\right) \cdot \Delta t - \left(\frac{O_{t+1}O_t}{2}\right) \cdot \Delta t \quad (24)$$

Dengan S_{n+1} sebagai Tampungan (Volume) air di kolam pada akhir waktu ke- n , S_n sebagai Tampungan (Volume) air di kolam pada awal waktu ke- n , I sebagai Debit aliran yang masuk ke kolam, Δt sebagai nterval waktu hitungan, $\frac{I_{t+1}I_t}{2}$ sebagai ata-rata debit masuk selama selang waktu Δt , $\frac{O_{t+1}O_t}{2}$ sebagai Rata-rata debit keluar selama selang waktu Δt .

Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini difokuskan pada infrastruktur Kolam Retensi Jati Wetan yang secara administratif terletak di Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Kudus.

Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer mencakup spesifikasi teknis kolam retensi eksisting, seperti luas area, kedalaman efektif, kapasitas volume tampungan, serta kapasitas stasiun pompa terpasang, yang diperoleh melalui observasi lapangan dan koordinasi dengan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Kudus . Sementara itu, data sekunder meliputi peta topografi untuk delineasi batas Daerah Aliran Sungai (DAS) serta data klimatologi berupa pencatatan curah hujan harian maksimum . Data curah hujan diambil selama periode 11 tahun (2014–2024) dari tiga stasiun penakar hujan yang mewakili kawasan studi, yaitu Stasiun DPU Kudus, Stasiun Kedung Gupit, dan Stasiun Tanjung Mojo, yang difasilitasi oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana.

Langkah penelitian

Analisis hidrologi diawali dengan uji konsistensi data hujan (metode RAPS) dan penentuan curah hujan kawasan (Poligon Thiessen). Curah hujan rancangan dianalisis menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III yang telah teruji *Chi-Square*, kemudian didistribusikan menjadi *hyetograph* melalui metode Tadashi Tanimoto. Transformasi hujan menjadi debit banjir rancangan (*inflow*) dimodelkan menggunakan HSS Nakayasu. Selanjutnya, kinerja kolam retensi dievaluasi melalui simulasi imbalan air (*water routing*) antara *inflow*, *outflow* pompa, dan kapasitas eksisting. Jika hasil simulasi mengindikasikan terjadinya limpasan (*overflow*), maka dilakukan redesain infrastruktur. mencakup perumusan dimensi perluasan kolam retensi serta penambahan kapasitas debit stasiun pompa agar sistem mampu menanggulangi debit banjir rancangan secara optimal.

Analisis dan Pembahasan

Analisis hidrologi

Analisis hidrologi pada penelitian ini mengacu pada pemrosesan data historis hujan harian maksimum selama kurun waktu 11 tahun (2014–2024), yang direkam dari tiga stasiun penakar di sekitar kawasan studi, yaitu Stasiun Tanjung Mojo, DPU Kudus, dan Kedung Gupit.

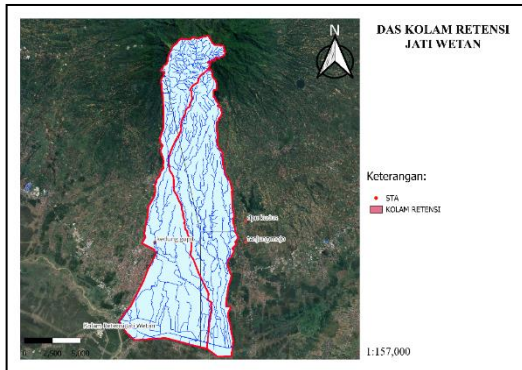
Daerah aliran sungai (DAS)

Delineasi batas Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan menggunakan metode digitasi poligon berbasis topografi dengan bantuan perangkat lunak QGIS. Batas DAS ditarik berpusat pada satu titik kontrol, menghasilkan kawasan tangkapan air seluas 175,5683 km². Bentuk DAS dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengujian konsistensi metode RAPS

Pengujian Konsistensi metode RAPS menggunakan persamaan 1 dan 2, Sebagai contoh untuk Stasiun Tanjung Mojo pada tahun 2014, dengan rerata hujan ($\bar{R}$) 239 mm dan Standar Deviasi (D_y) 621,867.

didapatkan nilai absolut maksimum (Q_{hitung}) sebesar 1,790 dan (R_{hitung}) 1,790. diperoleh rasio $\frac{Q_{hitung}}{\sqrt{n}} = 0,54$ dan $\frac{R_{hitung}}{\sqrt{n}} = 0,54$ yang keduanya lebih kecil dari $\frac{Q_{kritis}}{\sqrt{n}} = 1,148$ dan $\frac{R_{kritis}}{\sqrt{n}} = 1,295$. hal ini membuktikan data stasiun pengamatan konsisten.



Gambar 2. Daerah Aliran Sungai

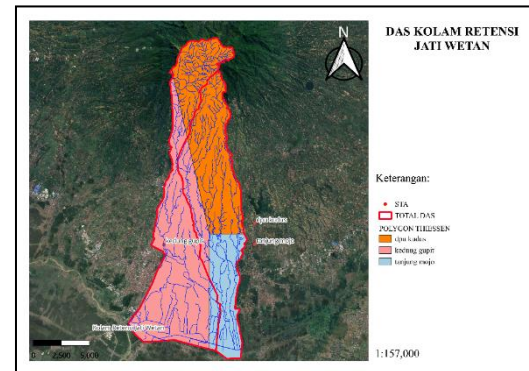
Analisis curah hujan kawasan

Pembagian area pengaruh tiap stasiun adalah: Stasiun Kedung Gupit seluas 82,5672 km² (47,028%), DPU Kudus 64,1348 km² (36,529%), dan Tanjung Mojo 28,8664 km² (16,441%). Substitusi nilai maksimum harian, Hujan kawasan didistribusikan menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan persamaan 3. contohnya pada 22 Januari 2014, rata-rata presipitasi kawasan ekstrem sebesar 257,44 Analisis *Polygon Thiessen* dapat dilihat pada Gambar 3.

Penentuan periode ulang tahun

Mengingat luas tangkapan air (17556,83 Ha) jauh melampaui 500 Ha dan Kabupaten Kudus diklasifikasikan sebagai Kota Besar (penduduk > 874 ribu jiwa), evaluasi infrastruktur ini berpatokan pada curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10}).

Rekapitulasi persebaran curah hujan maksimum tahunan dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Polygon Thiessen

Tabel 2. Rekapitulasi Persebaran Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2014	257,4
2	2015	317,2
3	2016	69,6
4	2017	77,7
5	2018	102,2
6	2019	112,2
7	2020	79,7
8	2021	65,0
9	2022	91,3
10	2023	102,1
11	2024	102,1

Analisis parameter statistik

Berdasarkan data hujan kawasan, kalkulasi persamaan 4-8 statistik menghasilkan Nilai rata-rata ($\bar{x}$) = 125,1296 mm, Standar deviasi (σ) = 82,6451, Koefisien variasi (C_v) = 0,6604, Koefisien kemencengan (C_s) = 2,3095, Koefisien kurtois (C_k) = 6,1263.

Penentuan distribusi frekuensi

Evaluasi berdasarkan Tabel 1 batas probabilitas menunjukkan kriteria matematis data tidak memenuhi syarat untuk Distribusi normal ($C_s \neq 0$, $C_k \neq 3$), Distribusi Gumbel ($C_s \neq 1,14$, $C_k \neq 5,54$), dan Distribusi Log normal. Oleh karena itu, sebaran ini dianalisis memakai Distribusi Log Pearson Tipe III berdasarkan persamaan 9. $Y_{10} = 2,3322$, $X_{10} = 214,8609$ mm.

Uji kecocokan distribusi chi-kuadrat

Uji kecocokan dianalisis memakai persamaan 10 diperoleh nilai hitung sebesar 3,0909. Nilai ini dibandingkan dengan *Chi-Square* kritis pada taraf signifikansi 5% (Triatmodjo, 2008) dengan $DK=2$, yang bernilai . Karena $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$ (3,0909 < 5,9915), maka distribusi data Log Pearson III dinyatakan memenuhi syarat.

Penentuan periode ulang tahun

Mengingat luas tangkapan air (17556,83 Ha) jauh melampaui 500 Ha dan Kabupaten Kudus diklasifikasikan sebagai Kota Besar (penduduk > 874 ribu jiwa), evaluasi infrastruktur ini berpatokan pada curah hujan rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10}).

Analisis parameter statistik

Berdasarkan data hujan kawasan, kalkulasi persamaan 4-8 statistik menghasilkan Nilai rata-rata ($\bar{x}$) = 125,1296 mm, Standar deviasi (σ) = 82,6451, Koefisien variasi (C_v) = 0,6604, Koefisien kemencengan (C_s) = 2,3095, Koefisien kurtois (C_k) = 6,1263.

Penentuan distribusi frekuensi

Evaluasi berdasarkan Tabel 1 batas probabilitas menunjukkan kriteria matematis data tidak memenuhi syarat untuk Distribusi normal ($C_s \neq 0$, $C_k \neq 3$), Distribusi Gumbel ($C_s \neq 1,14$, $C_k \neq 5,54$), dan Distribusi Log normal. Oleh karena itu, sebaran ini dianalisis memakai Distribusi Log Pearson Tipe III berdasarkan persamaan 9. $Y_{10} = 2,3322$, $X_{10} = 214,8609$ mm.

Uji kecocokan distribusi chi-kuadrat

Uji kecocokan dianalisis memakai persamaan 10 diperoleh nilai hitung sebesar 3,0909. Nilai ini dibandingkan dengan *Chi-Square* kritis pada taraf signifikansi 5% (Triatmodjo, 2008) dengan $DK=2$, yang bernilai . Karena $X^2_{hitung} < X^2_{kritis}$ (3,0909 < 5,9915), maka distribusi data Log Pearson III dinyatakan memenuhi syarat.

Aliran masuk (inflow) ke kolam retensi

Kolam retensi eksisting di Desa Jati Wetan berfungsi sebagai penyangga cekungan banjir. Dimensi fasilitas operasional eksisting mencakup area seluas 5 Ha (50000 m²) dengan kedalaman efektif 3 m (volume kapasitas 150000 m³). Pengurasan bertumpu pada 5 unit pompa berkapasitas kombinasi $O_{total} = 5,5$ m³/detik .

Hidrograf satuan sintesis nakayasu

Karakteristik aliran inflow disimulasikan melalui formulasi Nakayasu dengan panjang sungai utama (L) 54,867 km. Didapatkan debit satuan puncak menggunakan Pers. 12-17. Waktu Konsentrasi (t_g) = 3,5823 Jam, Satuan waktu dari curah hujan (T_r) = 2,6867 Jam, Waktu dari puncak banjir (T_p) = 5,7317 Jam, 4. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak ($T_{0,3}$) = 7,1646 Jam, Debit Puncak Banjir (Q_p) = 5,4895 m³/s, Base Flow (Q_b) = 8,7784 m³/s. Bentuk kurva HSS Nakayasu menggunakan persamaan 18-21 diperoleh Lengkung Naik ($0 < t < 5,7317$), Lengkung Turun Tahap 1 ($5,7317 < t < 12,8962$), Lengkung Turun Tahap 2 ($12,8962 < t < 23,6431$), Lengkung Turun Tahap 3 ($t > 23,6431$). selanjutnya kedalaman hujan diperoleh menggunakan Pers. 22 didapatkan Kedalaman Hujan = 0,9801 mm. Untuk mendapatkan hidrograf satuan untuk kedalaman hujan 1 mm, maka harus dikoreksi dengan $\frac{1}{0,9801}$.

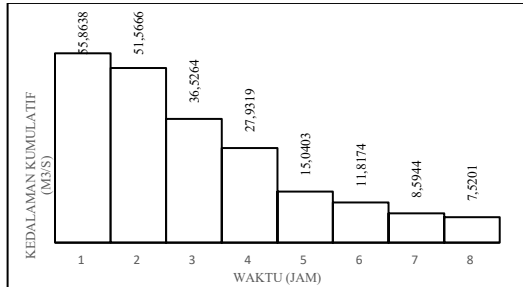
Hytograph hujan tadashi tanimoto

Intensitas presipitasi 214,86 mm didistribusikan menjadi 8 jam. Beban puncak memukul pada jam pertama (26%) diperoleh menggunakan persamaan 11 $P_I = 55,8638$ mm lalu dikurangi dengan *Phi-Index* (ϕ) = 10,3717mm. Rekapitulasi dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

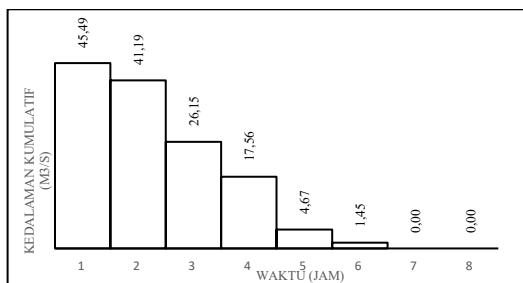
Hidrografi debit banjir rancangan metode nakayasu

Angka beban banjir menggunakan persamaan 26 kumulatif memuncak menembus elevasi aliran senilai 592,8440 m³/detik, yang diestimasi terjadi pada

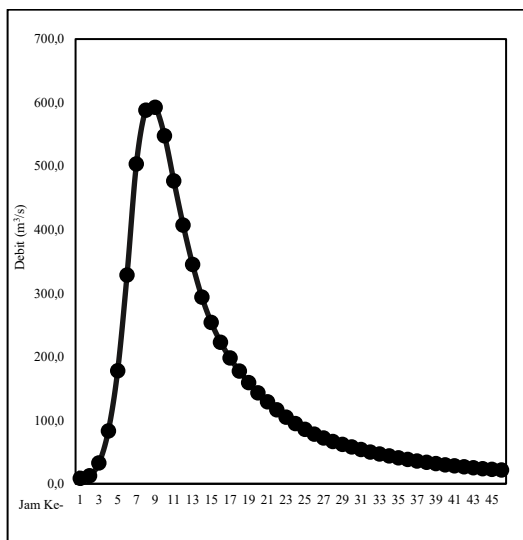
jam pengamatan ke-8, grafik HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Kedalaman Kumulatif dengan Waktu Sebelum Dikurangi dengan Phi-Index



Gambar 5. Kedalaman Kumulatif dengan Waktu Sesudah Dikurangi dengan Phi-Index



Gambar 6. Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Analisis kolam retensi eksisting

Berdasarkan hasil pemodelan hidrograf, kolam retensi menerima pembebanan aliran

masuk (*inflow*) dengan debit puncak mencapai 592,84 m³/detik. Di sisi lain, kapasitas pengaliran keluar (*outflow*) yang bertumpu pada pompa eksisting bernilai konstan sebesar 5,5 m³/detik. Ketimpangan antara debit masuk dan keluar ini mengakibatkan volume air dengan cepat melampaui batas kapasitas tampungan maksimum kolam, yakni sebesar 150.000 m³. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada interval jam ke-3, akumulasi volume air yang masuk telah mencapai 279.208 m³. Seiring dengan berlanjutnya durasi aliran permukaan, ketidakmampuan sistem dalam menguras debit air menyebabkan akumulasi volume limpasan terus bertambah. Simulasi mencatatkan bahwa total volume limpasan keseluruhan mencapai 2106402,7128 m³.

Analisis kolam retensi yang diusulkan

Sebagai solusi teknis atas ketidakmampuan kapasitas infrastruktur eksisting dalam menampung debit limpasan, diusulkan redesain secara komprehensif pada dimensi fisik kolam retensi dan peningkatan kapasitas operasional sistem pompa. Redesain ini mencakup perluasan area genangan kolam menjadi 70 Hektar (700000 m²) dengan kedalaman rencana mencapai 10 meter. Melalui penyesuaian geometrik tersebut, kapasitas tampungan total ($V_{rencana}$) akan meningkat secara signifikan menjadi 7000000 m³. Selain itu, kapasitas pengaliran keluar (*outflow*) juga dioptimalkan melalui peningkatan daya pompa sehingga total kapasitas pemompaan mencapai 250 m³/detik. Evaluasi kinerja terhadap desain usulan dilakukan dengan mensimulasikan kembali persamaan 24 imbalan air menggunakan parameter dimensi dan kapasitas pompa yang baru. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada pembebanan debit banjir rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10}), volume maksimum pengisian kolam tercapai pada jam ke-14 dengan nilai sebesar 6503272,9594 m³. Volume pengisian maksimum tersebut masih berada di bawah ambang batas kapasitas tampungan rencana ($V_{maks} < V_{rencana}$), sehingga volume air dipastikan tidak melampaui kemampuan

infrastruktur. Elevasi muka air tertinggi pada simulasi tercatat berada pada ketinggian 9,29 m. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem masih menyisakan ambang bebas yang aman terhadap elevasi puncak kolam rencana yang setinggi 10 m. Dengan demikian, desain usulan ini secara teknis mampu

mengakomodasi keseluruhan volume aliran masuk secara optimal tanpa menimbulkan limpasan air keluar sistem ($V_{\text{limpasan}} = 0 \text{ m}^3$). Hasil imbang air dengan persamaan kontinuitas aliran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Imbang Air dalam Persamaan Kontinuitas Aliran

t	At	Inflow	Outflow	Inflow x At	Outflow x At	Vol. Tampungan (S)	Vol. Tampungan terjadi	Limpasan	Elev. (H)	Status
(jam)	(s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)	
0	0	8,78	0	0	0	0	0	0	0	Aman
1	3600	12,64	0	38545,46	0	0	0	0	0	Aman
2	3600	32,63	0	81478,93	0	0	0	0	0	Aman
3	3600	83,31	0	208684,41	0	0	0	0	0	Aman
4	3600	178,21	250	470731,76	450000	20731,76	20731,76	0	0,03	Aman
5	3600	328,89	250	912776,23	900000	33507,99	33507,99	0	0,05	Aman
6	3600	503,34	250	1498006,03	900000	631514,02	631514,02	0	0,90	Aman
7	3600	588,38	250	1965095,24	900000	1696609,26	1696609,26	0	2,42	Aman
8	3600	592,84	250	2126202,71	900000	2922811,98	2922811,98	0	4,18	Aman
9	3600	548,09	250	2053683,99	900000	4076495,97	4076495,97	0	5,82	Aman
10	3600	476,68	250	1844594,60	900000	5021090,57	5021090,57	0	7,17	Aman
11	3600	407,11	250	1590834,26	900000	5711924,83	5711924,83	0	8,16	Aman
12	3600	345,50	250	1354699,55	900000	6166624,38	6166624,38	0	8,81	Aman
13	3600	293,85	250	1150825,11	900000	6417449,49	6417449,49	0	9,17	Aman
14	3600	253,83	250	985823,47	900000	6503272,96	6503272,96	0	9,29	Aman
15	3600	222,80	250	857928,21	900000	6461201,17	6461201,17	0	9,23	Aman
16	3600	197,90	250	757246,77	900000	6318447,93	6318447,93	0	9,03	Aman
17	3600	177,29	250	675335,12	900000	6093783,06	6093783,06	0	8,71	Aman

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan simulasi hidraulika yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan genangan yang kerap terjadi di Desa Jati Wetan disebabkan oleh ketidakseimbangan yang signifikan antara besaran volume limpasan permukaan dengan rasio kapasitas infrastruktur pengendalian banjir eksisting. Kapasitas tampungan kolam retensi saat ini yang hanya sebesar 150000 m³, didampingi oleh kapasitas stasiun pompa penguras sebesar 5,5 m³/detik, terbukti tidak memadai untuk mengakomodasi debit puncak banjir

rancangan kala ulang 10 tahun (Q_{10}) yang mencapai 592,84 m³/detik. Ketimpangan proporsi infrastruktur ini merupakan faktor utama yang memicu terjadinya defisit volume tampungan, yang berujung pada meluapnya air limpasan ke kawasan permukiman warga dengan akumulasi volume mencapai 2106402,7128 m³. Sebagai upaya mitigasi, penerapan redesain infrastruktur berupa perluasan area genangan kolam retensi menjadi 70 Hektar (kapasitas 7000000 m³) yang diiringi dengan peningkatan kapasitas sistem pompa menjadi 250 m³/detik, terbukti menjadi solusi teknis yang paling efektif. Pemodelan

sistem usulan ini mengonfirmasi bahwa seluruh volume aliran banjir rancangan dapat ditampung dan dikendalikan secara optimal. Dengan elevasi muka air maksimum yang dapat dipertahankan pada ketinggian 9,29 m berada di bawah batas puncak tanggul rencana syarat keamanan desain hidraulika ($V_{rencana} > V_{perhitungan}$) telah terpenuhi secara mutlak. Pendekatan redesain ini secara signifikan mampu mengeliminasi risiko terjadinya genangan berulang di kawasan terdampak.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan dalam evaluasi pengendalian banjir pada kolam retensi diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Debit banjir rancangan (*inflow*) yang mengalir masuk ke Kolam Retensi Jati Wetan berdasarkan perhitungan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 10 tahun mencapai titik puncak (*peak flow*) sebesar 592,8440 m³/detik yang terjadi pada jam ke-8. Selanjutnya kapasitas tampungan kolam retensi eksisting sebesar 150000 m³ dinyatakan tidak memadai untuk menampung debit banjir rencana. Hasil perhitungan menunjukkan volume air yang harus ditampung $S_{perhitungan}$ mencapai 2256402,7128 m³, sehingga terjadi defisit kapasitas yang mengakibatkan limpasan 2106402,7128 m³. Berikutnya untuk mengatasi permasalahan banjir dan genangan, diperlukan redesain sistem pengendalian banjir yang mencakup peningkatan kapasitas kolam retensi menjadi 7000000 m³ dengan cara memperluas area permukaan hingga 70 hektar (700000 m²) serta menambah kedalaman kolam menjadi 10 meter, yang didukung oleh peningkatan kinerja sistem pompa menjadi total 250 m³/detik melalui kombinasi 5 unit pompa utama berkapasitas masing-masing 50 m³/detik.

Saran

Dalam penelitian ini ada beberapa saran terkait evaluasi pengendalian banjir dengan kolam retensi yaitu dapat dilakukan

penelitian lebih lanjut dengan menghitung debit masuk maupun keluar dengan menggunakan metode lain yang belum ada pada penelitian ini. Berikutnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menganalisis sedimentasi, rembesan, dan evaporasi yang terjadi pada kolam retensi yang direncanakan. Selanjutnya penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu masukan perencanaan dalam penanganan banjir di Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Kudus. Serta dapat melakukan perencanaan kolam retensi pada lokasi lain yang potensial guna mendukung sistem drainase yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Amrullah, M.F. dan Kuswartomo, S.T., (2018). Analisis Perencanaan Kolam Retensi dalam Menanggulangi Bencana Banjir di Desa Tegaldowo Kab. Pekalongan (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Asdak, C. and Munawir, M., (2017). *Integrated water resources conservation management for a sustainable food security*. KnE Life Sciences, pp.238-245.
- Chow, Ven Te, Nensi Rosalina. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka cetakan ke – 4*. Jakarta: Erlangga.
- Harmani, E. and Soemantoro, M., (2017). Kolam retensi sebagai alternatif pengendali banjir. *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, 1(1).
- Mahmudi, M.N. and Setiawan, B.I., 2020. Desain Kolam Retensi Berbantu Komputer di Cibuluh Kota Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), pp.115-124
- Pedoman Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12/PRT/M/2014.
- Prayoga, M.D., Agami, R.T.W., Sangkawati, S. and Sugiyanto, S., (2019). Perencanaan Kolam Retensi dan Stasiun Pompa Pada Sistem Drainase kali Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(2), pp.209-218.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : ANDI Offset.
- Suwanto, M.A.F., 2024. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase dan Kolam Retensi pada Wilayah Taman Narogong Indah, Kota Bekasi

(Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

Triatmodjo, B. (1996). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.