

Analisis Reduksi Debit Banjir Sistem Drainase Kali Kencing di Kabupaten Kudus

Istianah, Fitria Maya Lestari, Bambang Tutuko

Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang, Semarang

E-mail Korespondensi: fitria@usm.ac.id

ABSTRACT

Flooding is a common issue affecting various regions in Indonesia, particularly in densely populated urban areas. High rainfall intensity leading to river overflow, dense residential settlements, and inadequate drainage systems and environmental conditions are key factors contributing to flood disasters. This analyze the drainage capacity, evaluate the existing drainage system, and assess the potential flood reduction through the implementation of a polder system. A qualitative research method is applied, incorporating hydrological and hydraulic analyses, which are further simulated to model the relationship between retention pond storage and optimal pump. Analysis reveals that the current capacity is insufficient to convey the existing discharge, resulting in runoff that affects residential areas and agricultural fields. The existing system only includes a small long-storage facility and lacks adequate pumping capacity. Therefore, a retention pond covering 4.5 hectares is proposed to temporarily store excess water during elevated water levels in the Wulan River. Simulation results indicate that the retention pond can reduce peak flood discharge from 65.10 m³/s to 36.00 m³/s, achieving a 55% reduction. Additionally, the installation of two flood pumps with a capacity of 5 m³/s each, along with one pump of 1 m³/s for low-flow operation, is recommended to enhance system performance.

Keywords: Flood discharge, capacity, polder system

ABSTRAK

Banjir merupakan masalah umum yang memengaruhi berbagai wilayah di Indonesia, khususnya di daerah perkotaan yang padat penduduk. Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan luapan sungai, permukiman penduduk yang padat, dan sistem drainase serta kondisi lingkungan yang tidak memadai merupakan faktor kunci yang berkontribusi terhadap bencana banjir. Penelitian ini menganalisis kapasitas drainase, mengevaluasi sistem drainase yang ada, dan menilai potensi pengurangan banjir melalui implementasi sistem polder. Metode penelitian kualitatif diterapkan, yang menggabungkan analisis hidrologi dan hidraulik, yang selanjutnya disimulasikan untuk memodelkan hubungan antara penyimpanan kolam retensi dan pompa optimal. Analisis menunjukkan bahwa kapasitas saat ini tidak cukup untuk mengalirkan debit yang ada, sehingga mengakibatkan limpasan yang memengaruhi daerah pemukiman dan lahan pertanian. Sistem yang ada hanya mencakup fasilitas penyimpanan jangka panjang yang kecil dan kekurangan kapasitas pemompaan yang memadai. Oleh karena itu, kolam retensi seluas 4,5 hektar diusulkan untuk menyimpan sementara kelebihan air selama peningkatan permukaan air di Sungai Wulan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kolam retensi dapat mengurangi debit puncak banjir dari 65,10 m³/s menjadi 36,00 m³/s, mencapai pengurangan sebesar 55%. Selain itu, pemasangan dua pompa banjir dengan kapasitas masing-masing 5 m³/s, bersama dengan satu pompa 1 m³/s untuk operasi aliran rendah, direkomendasikan untuk meningkatkan kinerja sistem.

Keywords: Debit banjir, kapasitas, sistem polder

PENDAHULUAN

Sungai adalah bagian penting dari sistem sumber daya air dan memainkan peran penting dalam memenuhi

kebutuhan hidup makhluk hidup. Namun, sebagai akibat dari perubahan lingkungan yang terjadi di sekitar sungai, seperti alih fungsi lahan dan peningkatan aktivitas penduduk, fungsi

alami sungai telah menurun. Akibatnya, kapasitas sungai untuk menampung dan mengalirkan air menurun, yang menyebabkan banjir [1].

Limpasan adalah masalah umumnya terjadi di beberapa daerah di Indonesia, terutama di daerah dengan banyak penduduk seperti kota-kota [2]. Kejadian alam ini dipengaruhi akibat perilaku alam dan manusia. Perlu adanya penanggulangan Bencana akibat daya Rusak Air mencakup bencana seperti banjir bandang, erosi dan sedimentasi, banjir lahar dingin, tanah longsor di tebing sungai yang berubah menjadi aliran debris, intrusi, dan/atau perembesan [3]. Saluran drainase Kabupaten Kudus terdiri dari 4 subsistem dengan area 4.250 ha, dengan sistem jaringan drainase terbagi menjadi 4 subsistem: Subsistem Kali Wulan, Subsistem *Spillway Drain I*, Subsistem SWD 2 dan Subsistem Kali Juana. Kali Juana mengalir dari timur ke utara [4]. Kejadian banjir pada tahun 2023 melanda kab. Kudus di pemukiman warga sampai meluas pada daerah terminal induk jati kudus ketinggian 20-40 cm menyebabkan aktifitas masyarakat terhambat [5]. Menurut [6] pada penelitiannya menyatakan bahwa kondisi drainase di kabupaten kudus mengalami penurunan kapasitas tampungan, sehingga menyebabkan genangan pada

titik rawan yang memiliki elevasi rendah. Genangan banjir yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1. yang melanda pada pemukiman warga



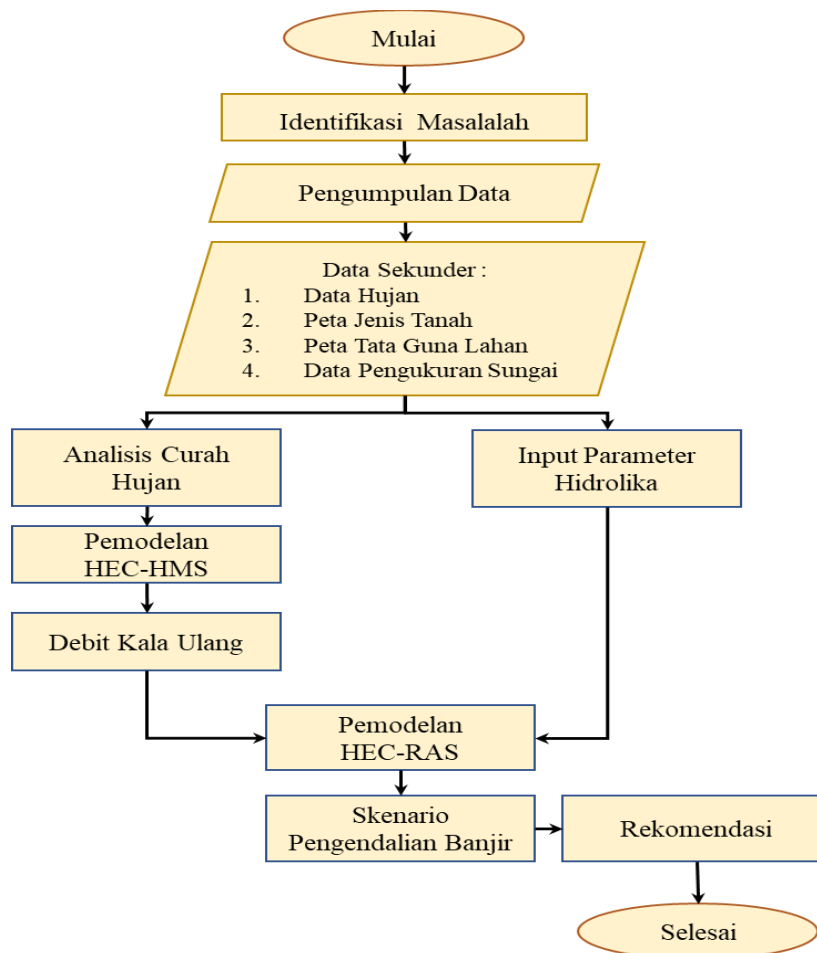
Gambar **Error! No text of specified style in document..** Kejadian Banjir Kab. Kudus Di Kabupaten Kudus, banjir disebabkan oleh penurunan kawasan resapan, sedimentasi, dan faktor alam seperti curah hujan yang tinggi. Banjir tahunan yang melanda ini menyebabkan kerugian materiil dan psikologis [7]. Saat ini Upaya penanggulangan banjir di system drainase Kali Kencing yang dilakukan oleh kementerian PUPR Pusat berkolaborasi dengan dinas terkait melakukan perencanaan penanggulanagn banjir, namun masih dalam tahap Pembangunan [8]. Untuk itu, maka perlu dilakukan penelitian yang

menganalisis tentang evaluasi reduksi banjir yang mengaplikasikan antara tampungan dan kapasitas rumah pompa banjir yang efektif.

METODOLOGI PENELITIAN

Peneliti menggunakan metode kualitatif, dengan menggunakan data sekunder yang mendukung dalam proses analisis [9]. Hal ini disampaikan Denzin dan Lincoln, metode kualitatif adalah cara penelitian

yang berasal dari lingkungan alamiah dengan tujuan untuk menginterpretasikan fenomena yang terjadi. Metode kualitatif menggunakan berbagai teknik pengambilan data, seperti pengamatan, wawancara, dan pemanfaatan dokumen [10]. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi yang sesuai dengan hasil analisis frekuensi dan probabilitas. Tahapan analisis yang dilakukan oleh peneliti mengacu pada bagan alir [9] tersaji di Gambar 2.



Gambar 2. Flow Chart tahap analisis

Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi yang sesuai dengan hasil analisis frekuensi dan probabilitas.

Analisis debit banjir menggunakan *software* HEC HMS. Distribusi menggunakan SCS Unit Hydrograf dipilih karena kemampuannya dalam merepresentasikan karakteristik aliran

permukaan secara efisien, terutama pada wilayah yang memiliki data yang terbatas seperti sistem drainase kali kencing.

Analisis Debit Banjir dengan HEC-HMS

Konsep dasar perhitungan dari *software* HEC-HMS adalah Data yang digunakan bisa berupa intensitas hujan, volume hujan, atau total volume hujan yang terkumpul. Setiap sub basin dianggap sebagai wadah air yang tidak bersifat linier, di mana aliran masuk adalah data hujan. Komponen yang keluar dari sub basin meliputi aliran permukaan, infiltrasi, dan penguapan.

Analisis Hidrolika

Analisis ini bertujuan untuk menentukan dimensi saluran yang tepat berdasarkan debit banjir rancangan. Berikut adalah langkah-langkah umum yang dilakukan dalam analisis hidrolika menggunakan *software* HEC-RAS:

- a) Pengumpulan Data Geometris
Mengumpulkan data geometris saluran, seperti profil melintang dan panjang saluran.
- b) Input Data ke HEC-RAS
Memasukkan data geometris dan data debit banjir rancangan ke dalam HEC-RAS

- c) Simulasi Aliran Melakukan simulasi aliran satu dimensi atau dua dimensi untuk menghitung profil muka air dan kecepatan aliran
- d) Analisis Hasil Menganalisis hasil simulasi untuk mengevaluasi kinerja saluran, termasuk potensi banjir dan kapasitas saluran
- e) Penyesuaian Desain Menyesuaikan desain saluran berdasarkan hasil analisis untuk memastikan saluran dapat menampung debit banjir rancangan.

HEC-RAS adalah alat yang sangat berguna untuk analisis hidrolika karena memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai jenis perhitungan aliran dan memberikan visualisasi yang jelas dari hasil

Simulasi Kolam retensi dan pompa banjir

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan yang ideal, seperti kita tahu bahwa tampungan kolam retensi dan pompa banjir tidak berbanding lurus, karena semakin volume tampungan kolam besar maka kapasitas pompa yang digunakan akan kecil. Begitupula sebaliknya.

Hujan Harian Maksimum

Dari pembagian Polygon Thiessen maka bobot untuk Sta Logung 21.6 %, Sta. Wilalung 7.43% dan Sta. Pancur 70.97%. untuk selanjutnya analisis hujan rancangan akan direncanakan berdasarkan analisis data hujan. Selanjutnya

diperoleh hujan maksimum yang tersaji di Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Hujan Maksimum

Tahun	R _{max} (mm)
2013	112,48
2014	189,44
2015	146,60
2016	117,17
2017	76,38
2018	155,97
2019	93,74
2020	100,87
2021	104,87
2022	74,86

Perhitungan analisa frekuensi di input menggunakan software Aprob 5.1 yaitu Distribusi frekuensi merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk menentukan probabilitas besaran curah hujan rancangan berdasarkan berbagai periode ulang. Proses ini didasarkan pada analisis parameter statistik utama, meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, serta koefisien skewness yang mencerminkan tingkat kelulusan distribusi data. Dalam konteks analisis hidrologi ekstrem, perangkat lunak Aprob berfungsi sebagai alat bantu untuk mengolah data curah hujan maksimum, sehingga memungkinkan perolehan estimasi curah hujan rancangan secara lebih akurat.

Analisis Uji Frekuensi

```

Statistik data
Nama data      : Hujan (mm/hari)
Jumlah data    : 33
Minimum       : 54
Maksimum      : 199
Rerata        : 115
Simpangan baku: 45
Kurtosis      : -1.23
Skewness      : 0.45

Analisis frekuensi
Cara plot data, prob(Y < y) = (m-b)/(n+1-2b): Weibull  b = 0
Jumlah data 33 dibagi menjadi 5 kelas data
Tingkat keyakinan, (1-alfa): 0.90

Kecocokan distribusi data terhadap distribusi teoretis (uji chi-kuadrat)
Distribusi      Normal      Log Normal      Log Pearson III      Gumbel
Delta maksimum  5.030      5.333      5.333      5.333
Delta kritis    4.605      4.605      4.605      4.605
Hasil uji       Gagal      Gagal      Gagal      Gagal

Kecocokan distribusi data terhadap distribusi teoretis (uji Smirnov-Kolmogorov)
Distribusi      Normal      Log Normal      Log Pearson III      Gumbel
Delta maksimum  0.145      0.105      0.106      0.113
Delta kritis    0.209      0.209      0.209      0.209
Hasil uji       Lulus      Lulus      Lulus      Lulus

Estimasi nilai Hujan (mm/hari), fungsi kala ulang dan jenis distribusi data
Kala ulang (tahun)  Normal      Log Normal      Log Pearson III      Gumbel
2                   115         107         106         108
5                   153         149         149         147
10                  173         177         178         174
20                  189         204         206         199
25                  194         213         215         207
50                  208         240         244         232
100                 220         267         273         256
    
```

Gambar 3. Output Aprob 5.1

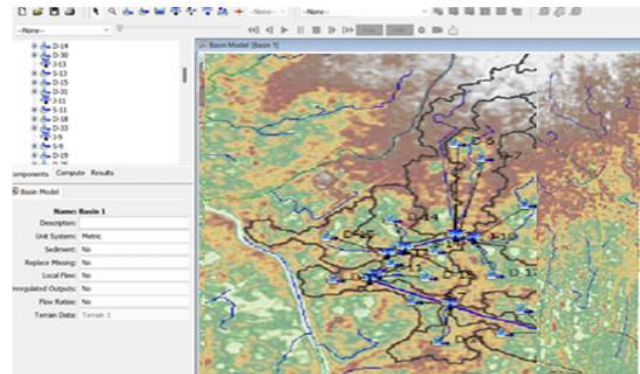
Dari ringkasan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan semua metode lolos baik dari distribusi kecocokan teoritis, uji Smirnov – kolmogorof sedangkan untuk uji chi kuadrat tidak lolos. Sehingga perlu pemilihan hasil yang menunjukkan angka paling mendekati dengan 0. Maka hasil yang terpilih adalah distribusi Log Normal.

Analisis Debit Metode HEC-HMS

Perhitungan debit banjir umumnya merupakan komponen penting dalam melakukan berbagai analisis, termasuk analisis untuk desain infrastruktur seperti kapasitas sungai, bendung dan bendungan, jembatan, saluran drainase, dan bangunan air. Akibatnya, untuk mengetahui seberapa besar debit banjir tersebut, diperlukan perhitungan.

Model HEC-HMS dapat melakukan simulasi hidrologi untuk mengetahui nilai puncak aliran harian, yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana di suatu daerah aliran sungai. Teori hidrograf satuan klasik, seperti hidrograf satuan sintetik Snyder, Clark, dan SCS, digunakan dalam model HEC-HMS; kita juga dapat membuat hidrograf satuan sendiri dengan menggunakan fitur definisi hidrograf pengguna [11]. Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi ini, digunakan hidrograf satuan sintetik

dari SCS (*soil conservation service*) dengan menganalisis beberapa parameternya.



Gambar 4. Model HEC-HMS Sistem Drainase Kali Kencing

Dari hasil pemodelan menggunakan aplikasi HEC-HMS dan metode SCS diperoleh debit banjir rancangan pada outlet Sungai Wulan dengan luasan daerah tangkapan air sebesar 7,74 km². Untuk hasil perolehan debit pada tiap kala ulang 2 tahun diperoleh debit sebesar 22,3 m³/dt, debit 5 tahun sebesar 34,7 m³/dt, 10 tahun adalah 43,3 m³/dt, 20 tahun adalah 52,0 m³/dt, 25 tahun adalah 54,8 m³/dt dan untuk debit 50 tahun adalah 63,6 m³/dt.

Metode Rasional

Kriteria pemilihan metode rasional karena luas area das sebesar 5.000 Ha sehingga cocok diaplikasikan pada Drainase Kali kencing. karena dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dan intensitas curah hujan. Dua komponen utama metode ini adalah waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas curah hujan. Tata guna lahan di area Drainase Kencing didominasi oleh pemukiman dengan kepadatan menengah dan karakteristik tingkat kepadatan berkisar 40

rumah/Ha. Dari kondisi di area Drainase Kencing tersebut dapat diketahui nilai koefisien *runoff* dan persentase kedap air disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Runoff dan Persentase Kedap Air

Tata Guna Lahan	Karakteristik (rmh/ha)	C	Imp (%)
Pusat Perbelanjaan dan perkantoran	-	0.90	100
Industri	Bangunan penuh	0.80	80
Pemukiman (Kepadatan menengah tinggi)	20	0.48	30
	30	0.55	40
	40	0.65	60
	60	0.75	75
Pemukiman (kepadatan rendah)	10	0.40	<20
Taman	Daerah Datar	0.30	0
Pedesaan	Tanah Berpasir		0
	Tanah Berat		0
	Daerah Irigasi		0

Tabel 3. Koefesien C untuk wilayah studi

L (m)	Slope	Tc Jam	Luas (A) km ²	C
2325.00	0.001	2.00	7.74	0.65

Tabel 4. Debit Perhitungan dengan metode Rasional

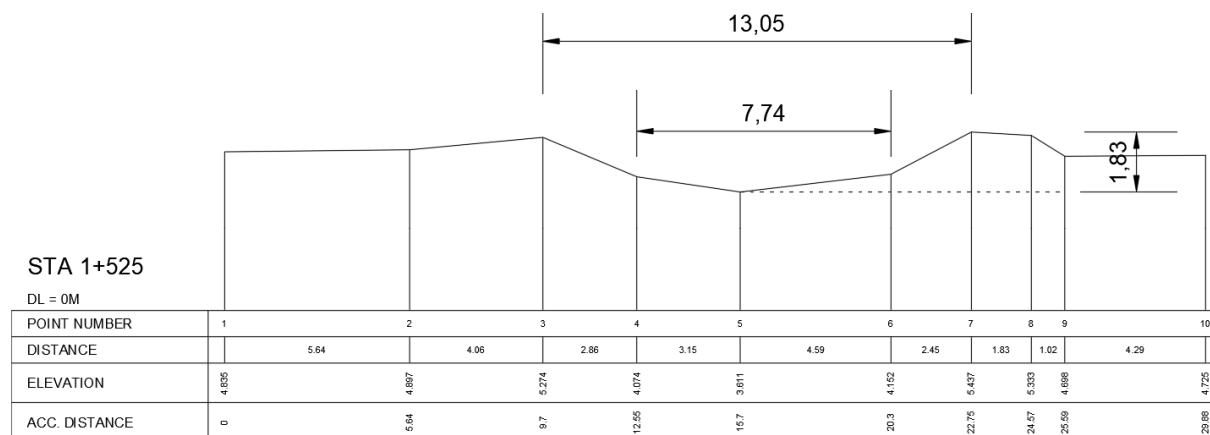
Kala Ulang (tahun)	Hujan Rencana (mm)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit Banjir (m ³ /s)
2	107	23.4	32.7
5	149	32.5	45.5
10	177	38.7	54.1
20	204	44.6	62.3
25	213	46.5	65.1
50	240	52.4	73.3
100	267	58.3	81.6

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2415:2016 tentang tata cara perhitungan debit banjir rencana, area Drainase Kencing dengan daerah tangkapan air 774 Ha termasuk dalam tipologi kota besar. Berdasarkan ketentuan tersebut maka kala ulang yang dipakai dalam desain bangunan drainase pada area Drainase Kencing menggunakan debit banjir kala ulang 20 tahun (Q20th) sebesar 62.3 m³/dt dan metode perhitungan banjir rencana yang

digunakan adalah metode rasional.

Pemodelan Hidrolika Kondisi Eksisting

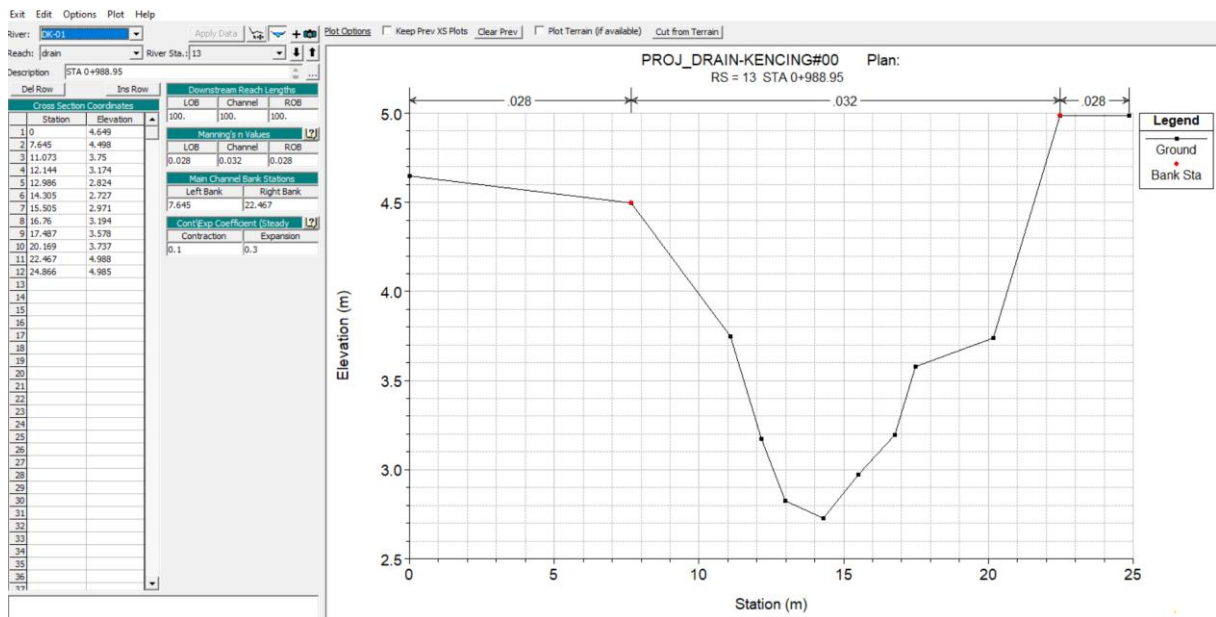
Pemodelan Drain Kencing merupakan analisa hidrolika aliran menggunakan program bantu HEC RAS. Untuk menentukan bentuk dimensi sistem sungai, diperlukan data skema sungai (atau titik koordinat lokasi sungai), penampang melintang, jarak antara penampang melintang, dan koefisien manning. Geometri potongan melintang (*cross-section*) Data *cross-section* atau penampang melintang terdiri dari titik-titik koordinat yang menunjukkan jarak (station) dan elevasi (elevation) dari kiri ke kanan dari hulu ke hilir secara sistematis.



Gambar 4. Penampang Melintang Sungai

Dikarenakan pada Drain Kencing terdapat bangunan melintang Sungai yaitu pintu air di hilir saluran dimana sebagai pembatas atau kontrol aliran ketika Sungai Wulan sedang pasang pintu tersebut ditutup dan ketika sedang surut pintu air dibuka. Supaya pemodelan ini bisa menyerupai kondisi lapangan maka konstruksi tersebut harus

terinput juga pada pemodelan. Besarnya nilai koefisien manning pada kondisi eksisting pada pekerjaan ini berdasarkan kondisi sungai sebagian lurus, seragam dan terdapat beberapa titik hambatan yaitu enceng gondok maka ditentukan nilai koefisien manning sebesar 0.030

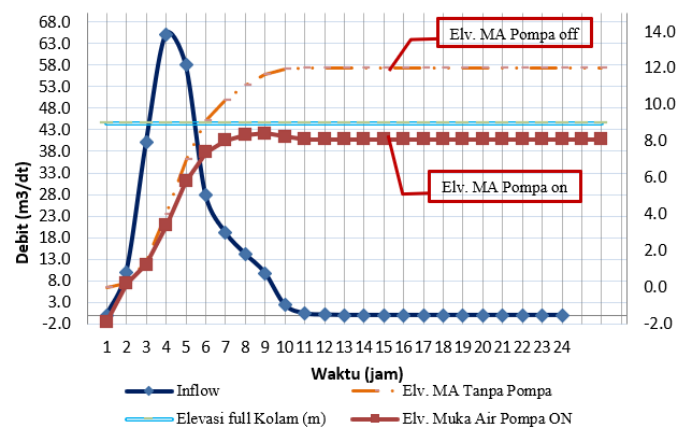


Gambar 5. Geometri Pada Model HEC-RAS

Simulasi Kolam dan Pompa

Berdasarkan *Inflow* yang ada pada Kolam retensi sebesar 65.10 m³/dt maka dapat di simulasikan penambahan pompa banjir 5 m³/dt sebanyak 2 buah. maka besaran *outflow* didapat sebesar 10,00 m³/dt. Simulasi ini dilakukan dengan mengoperasikan masing masing pompa. Kapasitas tampungan 889.560 m³, elevasi tanggul kolam +9.00, elevasi pelimpah 8.0 dan elevasi dasar kolam di -1.00. Simulasi dilakukan dengan asumsi pada jam ke – 1 kolam terisi air dimana air dipertahankan pada ketinggian 2.3 m dari dasar saluran. Perhitungan pada tabel akan di peroleh elevasi muka air pada kolam retensi dengan simulasi kapasitas *outflow* pompa di 51 m³/dt. muka air berada di tinggi 8.11 m. Gambar hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 6

Hubungan Inflow Dengan Pompa Banjir di Kolam Retensi



Gambar 6. Simulasi Hubungan Inflow dan Pompa Banjir di Kolam Retensi

PENUTUP

Berdasarkan perhitungan analisis hidrologi, hidrolika dan simulasi pompa dapat diketahui hasil diantaranya yaitu

1. Analisis kapasitas drainase kali kencing kurang mencukupi untuk melewati debit eksisting. Sehingga terdapat limpasan yang berdampak pada pemukiman dan sawah.

2. Sistem drainase kali kencing kondisi eksisting hanya memiliki tampungan longstorage yang kecil, dan kapasitas pompa kurang memadai, sehingga diperlukan kolam tampungan sebagai parkir air sementara disaat muka air Sungai Wulan mengalami kenaikan.
3. Dengan simulasi kolam retensi dapat mereduksi debit puncak banjir 65,10 m³/dt menjadi 36,00 m³/dt sehingga dapat mereduksi 55% debit banjir . dengan penambahan sistem pompa banjir kapasitas 5 m³/dt sebanyak 2 buah dan 1 m³/dt untuk operasi pada debit rendah.

Beberapa saran demi keberlanjutan studi berikutnya, maka perlu dilakukan tinjauan terdapat daerah yang memiliki kondisi topografi paling rendah sehingga daerah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai area tampungan sementara yang ada di desa Jatiwetan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Ardianto, W. M. Yudhi, D. Suseno, and Sugiyanto, "PERENCANAAN SALURAN DRAINASE KAWASAN OASIS PT. DJARUM KUDUS DI KABUPATEN KUDUS," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 79–86, 2014.
- [2] F. M. Lestari, S. Darsono, and D. A. Wulandari, "Pemodelan Dry Dam dengan HEC-HMS di Daerah Aliran Sungai Bringin," *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 5, no. 3, p. 602, 2020, doi: 10.28926/briliant.v5i3.491.
- [3] F. M. Lestari and E. Herdiarti, "Sosialisasi Early Warning System Longsor di Kelurahan Ngeplak Simongan Kota Semarang," *kolaboratif*, vol. 3, no. 1, pp. 26–35, 2025, doi: 10.26623/jpk.v3i1.11647.
- [4] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, "Perda Kabupaten Kudus No. 11 Tahun 2008," Kudus, 2008. [Online]. Available: https://ppid.kuduskab.go.id/packages/upload/file/RPJP_qh2iXYa.pdf
- [5] kompas.id, "Banjir meluas," *harian kompas.id*, kabupaten kudus, 2023.
- [6] U. Khotibul, H. Nor, Ariyanto, and A. J. S, "Jurnal DISPROTEK," *Disprotek*, vol. 8, no. 1, pp. 67–80, 2019.
- [7] F. M. Lestari and B. Tutuko, "SKENARIO PENGENDALIAN BANJIR KAWASAN JANGLI KOTA SEMARANG," vol. 15, no. 1, pp. 104–112, 2025.
- [8] S. Budi, "Kementerian PUPR mulai perbaiki tanggul Sungai Wulan yang jebol," *Antara kantor berita*, Kudus, 2024. [Online]. Available: <https://www.antaraneews.com/berita/3957309/kementerian-pupr-mulai-perbaiki-tanggul-sungai-wulan-yang-jebol>
- [9] F. M. Lestari, D. S. Budiningrum, and Istianah, "Pemetaan Potensi Genangan Banjir dengan Metode HEC RAS 2D Di Sungai Bodri Kabupaten Kendal," *Tek. Sipil UNPAL*, vol. 15, no. 1, pp. 113–120, 2025.
- [10] J. Lexy and Moleong, *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2018.
- [11] USACE, "Assistant Secretary of Civil Works 2013 Strategic Sustainability Performance Plan," vol. 0010, no. June, 2013, [Online]. Available: http://www.usace.army.mil/Portals/2/docs/Sustainability/Performance_Plans/2013_USACE_Sustainability_Plan_FINAL_DRAFT_20130621.pdf