

Evaluasi Dampak Sedimentasi Terhadap Kinerja Jaringan Drainase di Tanggul Lumpur Lapindo Sidoarjo

Art Palupi Pranoto Putri¹, Istiarto^{1*}, Neil Andika¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: istiarto@ugm.ac.id

INTISARI

Semburan lumpur Lapindo di Sidoarjo mengakibatkan deformasi tanah dan penurunan muka tanah yang mengganggu kinerja jaringan drainase di area tanggul. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak sedimentasi terhadap kinerja jaringan drainase di kawasan tersebut menggunakan bantuan perangkat lunak PCSWMM. Metode penelitian dilakukan melalui simulasi numerik hidrologi dan hidraulika dengan membandingkan dua skenario: kondisi jaringan drainase dengan sedimentasi dan tanpa sedimentasi. Data *input* meliputi elevasi, teknis saluran, kolam retensi, pompa, tata guna lahan, dan data hujan jam-jaman dari satelit GSMaP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghilangan sedimentasi menurunkan jumlah titik banjir sebesar 8% dan durasi banjir sebesar 4%. Dampak paling signifikan terlihat pada kolam retensi, volume rerata meningkat hingga 23,1% tanpa sedimentasi. Pembersihan sedimen tidak memberikan pengaruh besar terhadap kinerja pompa dan belum mampu mereduksi genangan secara signifikan. Penyesuaian elevasi, rehabilitasi saluran perlu dikombinasikan dengan pembaruan jaringan lainnya untuk mengoptimalkan kinerja drainase.

Kata kunci: Kinerja drainase, PCSWMM, sedimentasi

1 PENDAHULUAN

Semburan lumpur Lapindo yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu bencana geologi berskala besar di Indonesia sejak 2006 hingga saat ini. Salah satu langkah yang dilakukan PPLS untuk mencegah meluasnya dampak semburan lumpur adalah membangun tanggul di area terdampak. Namun, tanah di area tanggul mengalami deformasi akibat dari semburan lumpur yang masih berlangsung. Kondisi tersebut mengakibatkan terbentuknya cekungan-cekungan dan mengganggu kinerja jaringan drainase yang ada di area tanggul. Penurunan muka tanah (*subsidence*) dan pembentukan cekungan-cekungan baru memperburuk risiko banjir dengan berubahnya topografi mikro dan menciptakan area depresi baru yang menjadi titik akumulasi air hujan (Irene & Manuel, 2025). Selain itu, penurunan muka tanah memiliki hubungan non linier terhadap karakteristik banjir yang dibuktikan dengan meningkatnya kedalaman genangan pada area topografi paling rendah (Yin et al., 2016). Gambar 1 menunjukkan lokasi pemodelan

PPLS meningkatkan jaringan drainase dengan pengadaan kolam retensi dan pompa untuk mengatasi aliran air yang menggenang akibat *subsidence*. Peningkatan jaringan drainase ini ternyata belum menyelesaikan permasalahan banjir di area tanggul. Salah satu faktor yang diduga menjadi penyebab penurunan kinerja jaringan drainase adalah terjadinya sedimentasi. Sedimentasi ditemukan di beberapa titik saluran terbuka dan kolam retensi. Sedimentasi di saluran terbuka terjadi di titik-titik yang mengalami deformasi sehingga terjadi genangan. Kecepatan aliran di lokasi tersebut rendah sehingga partikel tanah mengendap dan membentuk lapisan sedimen di dasar saluran. Hal tersebut memperkuat pernyataan Liu et al., (2022) terkait kapasitas hidraulik saluran akan menurun seiring berjalannya waktu.

Kinerja jaringan drainase tidak hanya melihat keberadaan genangan, Zhang et al., (2024) menekankan bahwa efisiensi jaringan drainase dapat dinilai melalui simulasi debit puncak banjir, durasi limpasan, serta kemampuan jaringan dalam merespon berbagai intensitas hujan. Selain itu, memperhatikan kapasitas jaringan drainase juga menjadi salah satu cara untuk melakukan evaluasi kinerja. Guptha et al., (2021) menyebutkan kegagalan jaringan drainase dapat terjadi akibat beban limpasan yang melebihi kapasitas saluran maupun akibat gangguan struktural seperti sedimentasi dan penyumbatan.

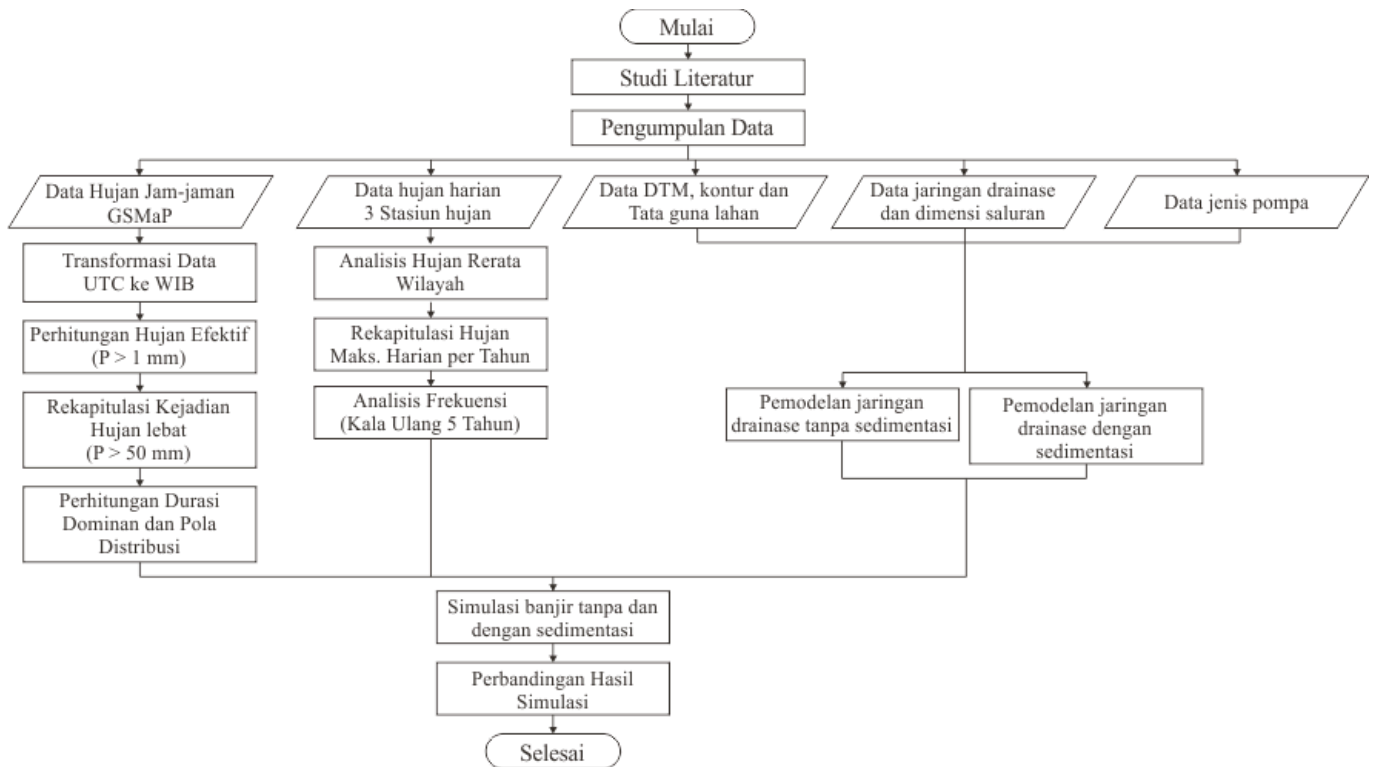
Simulasi aliran yang dapat menunjukkan nilai durasi genangan, debit banjir maksimum atau bahkan waktu spesifik luapan tertinggi terjadi dan volume total banjir dapat dilakukan menggunakan *software* SWMM. Babaei et al., (2018) menggunakan model SWMM untuk melakukan simulasi limpasan pada beberapa *subcatchment* dan

mengidentifikasi titik serta saluran yang mengalami genangan menjadi indikator utama ketidakmampuan jaringan dalam mengalirkan debit limpasan secara optimal.

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja jaringan drainase di tanggul Lumpur Lapindo, Sidoarjo menggunakan bantuan *software* PCSWMM dengan fokus permasalahan terkait sedimentasi yang terdapat pada saluran dan kolam retensi. Evaluasi dilakukan melalui pendekatan simulasi hidrologi dan hidraulika dengan membandingkan kondisi jaringan drainase tanpa sedimentasi dan dengan sedimentasi.

2 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi aliran dalam jaringan drainase menggunakan pendekatan numerik dengan alat bantuan *software Personal Computer Stormwater Management Model* (PCSWMM) dengan nomor lisensi #840960 berlaku selama 24 bulan. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan alir penelitian

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data *input* di *software* PCSWMM: data elevasi, tata guna lahan, dimensi dan tipe saluran drainase, arah aliran dalam saluran, data teknis kolam retensi, data teknis pompa, dan data hujan. Data DTM merupakan data hasil pengolahan dari survei Lidar dan survei Batrimetri pada tahun 2023 sehingga dapat menggambarkan kondisi elevasi di lokasi dengan akurat. Uraian terkait data lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data penelitian yang digunakan sebagai *input* data

No.	Tipe Data	Uraian	Keterangan	Sumber Data
1	Data elevasi	Digital Terrain Model (DTM)	Raster 5 x 5 m	Laporan Penilaian Kinerja 2023
2	Data teknis saluran	Dimensi dan tipe saluran		Survei Penelitian 2025
3	Data teknis kolam	Volume dan kedalaman		Laporan Penilaian Kinerja 2023
4	Data teknis pompa	Tipe pompa		Laporan Penilaian Kinerja 2023
5	Data tata guna lahan	Citra Satelit		Google Earth 2025

6	Data hujan	Hujan Harian	4 Stasiun PCH	Laporan Penilaian Kinerja 2008–2022
7	Data hujan	Data Hujan Jam-jaman	GSMaP	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) 2021–2022

Skenario yang digunakan dalam memodelkan jaringan drainase terdiri dari 2 skenario, yaitu jaringan drainase dalam kondisi terdapat sedimentasi dan tanpa sedimentasi. Hasil laporan *running* simulasi aliran dari kedua skenario tersebut akan dibandingkan untuk menilai kinerja jaringan drainase di kawasan tanggul Lumpur Lapindo. Kinerja jaringan drainase adalah sebagai variabel di penelitian ini dengan indikator yang secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 2. Indikator-indikator tersebutlah yang akan dibandingkan di kedua skenario yang dimodelkan.

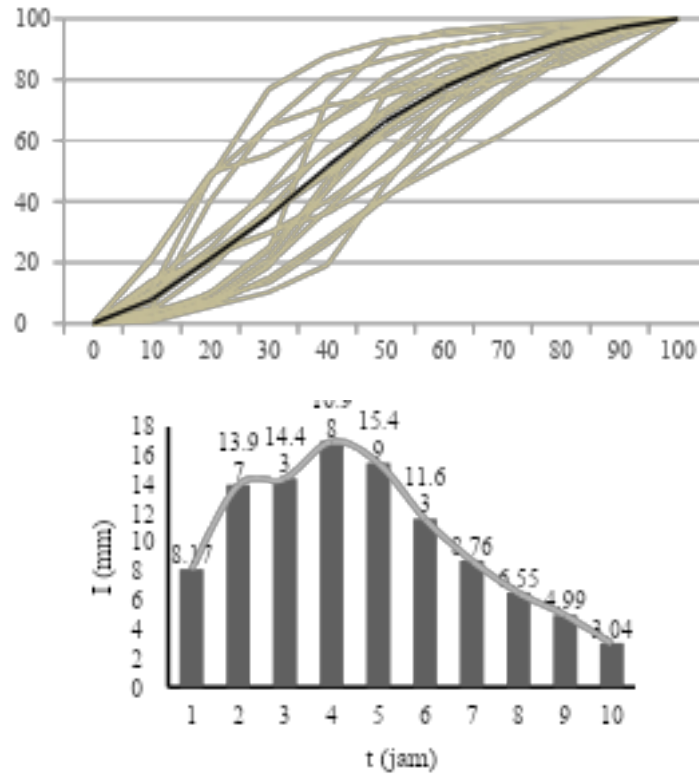
Tabel 2 Variabel dan indikator yang digunakan sebagai pembanding

Variabel	Indikator	Satuan
Kinerja Saluran Drainase	Jumlah titik banjir	Titik
	Durasi banjir	Jam
	Debit maksimum	m ³ /detik
	Waktu puncak	Jam : Menit
	Total volume banjir	1000 m ³
Kinerja Kolam Retensi	Volume rerata	1000 m ³
	Volume maksimum	1000 m ³
	Waktu Puncak	Jam : Menit
	<i>Outflow</i> Maksimum	m ³ /detik
Kinerja Pompa	Presentase terpakai	%
	Jumlah menyala	
	Aliran rerata	m ³ /detik
	Aliran maksimum	m ³ /detik
	Total volume	1000 m ³
	Jumlah energi yang terpakai	kWh

2.2 Pengolahan Data Hujan

Data hujan yang digunakan merupakan data hujan harian dari tahun 2008–2022 yang diperoleh dari stasiun Penakar Curah Hujan (PCH) di wilayah lumpur Lapindo. Jumlah stasiun PCH ada 4, yaitu: Stasiun PCH Kludan, Stasiun PCH Putat, Stasiun PCH Porong, dan Stasiun PCH Cangkring. Hujan maksimum tahunan tiap kawasan dihitung menggunakan metode rerata Thiessen sebagai *input* analisis frekuensi. Pola distribusi hujan yang sesuai adalah distribusi normal. Berdasarkan analisis frekuensi dengan perhitungan hujan rancangan kala ulang 5 tahun, nilai hujan rancangan yang digunakan adalah 104 mm/hari.

Format data hujan yang diperlukan pada simulasi hidraulika adalah *time series* sehingga diperlukan transformasi hujan harian ke temporal jam-jaman. Parameter durasi hujan dan pola distribusi diperoleh dari pengolahan data hujan jam-jaman dari data satelit GSMaP dari tahun 2021–2022. Rentang data tersebut dipilih karena tahun tersebut merepresentasikan kondisi saat intensitas dan frekuensi hujan relatif tinggi. Rekapitulasi data hujan lebat pada periode tersebut menunjukkan terdapat 20 kejadian hujan ekstrem dengan durasi dominan adalah 10 jam. Data hujan *time series* yang dimasukkan dalam *software* PCSWMM dapat dilihat pada Gambar 2.

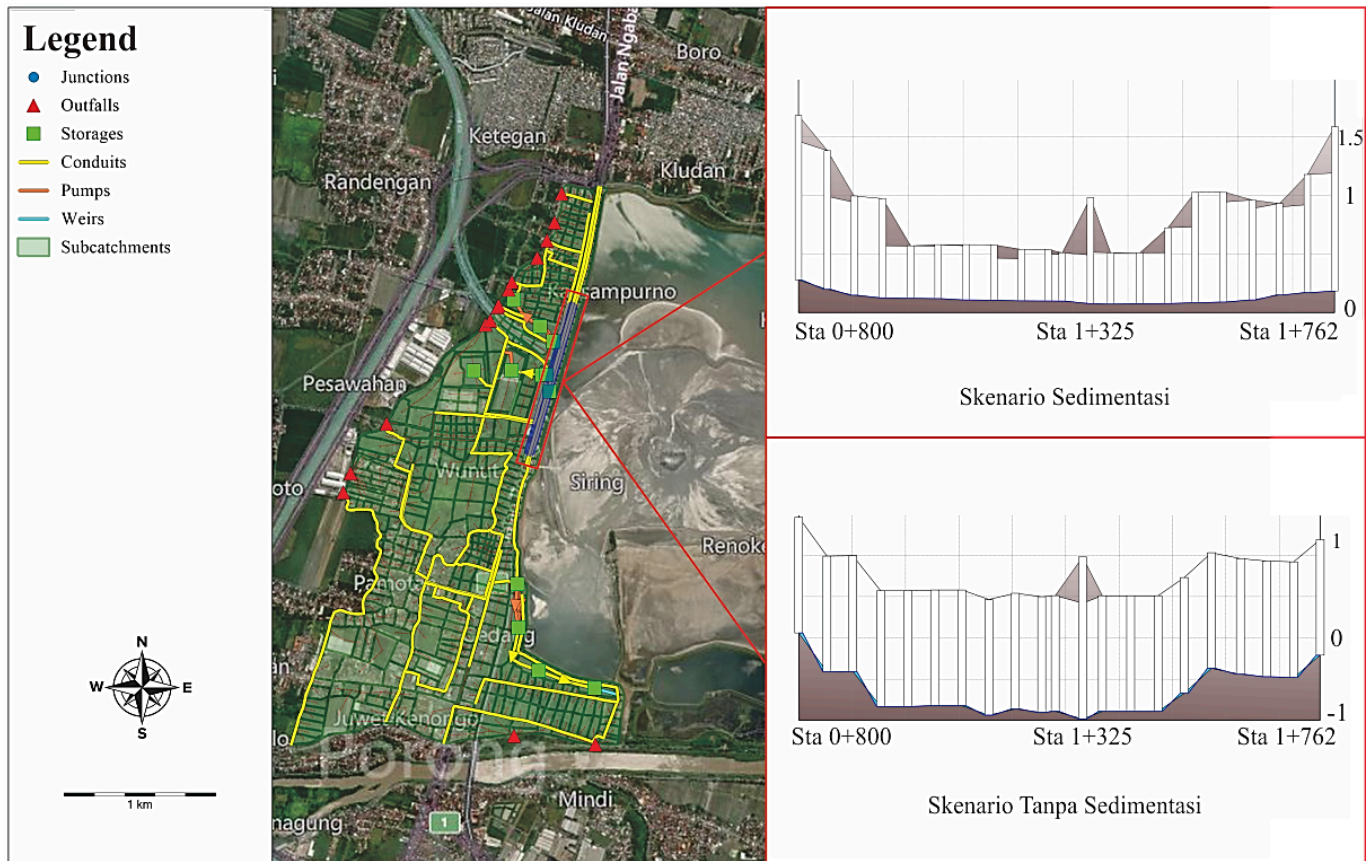


Gambar 2 (a) Rekapitulasi pola hujan lebat 2021–2022 (b) Pola distribusi hujan jam-jaman di wilayah tanggul Lumpur Lapindo Sidoarjo

2.3 Pemodelan Jaringan Drainase

Komponen yang dimodelkan di *software* PCSWMM adalah *junction* (*manhole*), *conduit* (saluran), *outfall* (titik pembuangan), *subcatchment* (Daerah Tangkapan Hujan/DTH), *storage* (kolam), dan *pump* (pompa). Pemodelan jaringan drainase kawasan tanggul Lumpur Lapindo bagian barat memiliki luas area sebesar 364 Ha. Peneliti memodelkan dengan jarak dan luas *subcatchment* berkisar 50 m dan 2500 m². Hal ini dimaksudkan agar pemodelan yang dilakukan dapat mendekati kejadian yang sebenarnya. Pemodelan terdiri dari 818 *subcatchment*, 506 *junction*, 17 *outfall*, 8 *storage units*, 514 *conduit*, 10 *pump*, dan 1 *weir*. Gambar 3 menunjukkan peta satelit lokasi jaringan drainase di kawasan Tanggul Lumpur Lapindo Sidoarjo yang akan dimodelkan dalam PCSWMM.

Hasil simulasi aliran 1D tergantung pada nilai parameter yang dimasukkan dalam pemodelan jaringan drainase. Penyesuaian hasil simulasi dilakukan dengan cara mengubah koefisien kekasaran Manning diubah secara iteratif berdasarkan rentang nilai yang direkomendasikan pada *Manual Book SWMM 5.2*. seperti yang dilakukan oleh Niazi et al. (2017) dan Rew et al. (2025) agar mendapatkan hasil simulasi yang mendekati kejadian sebenarnya.



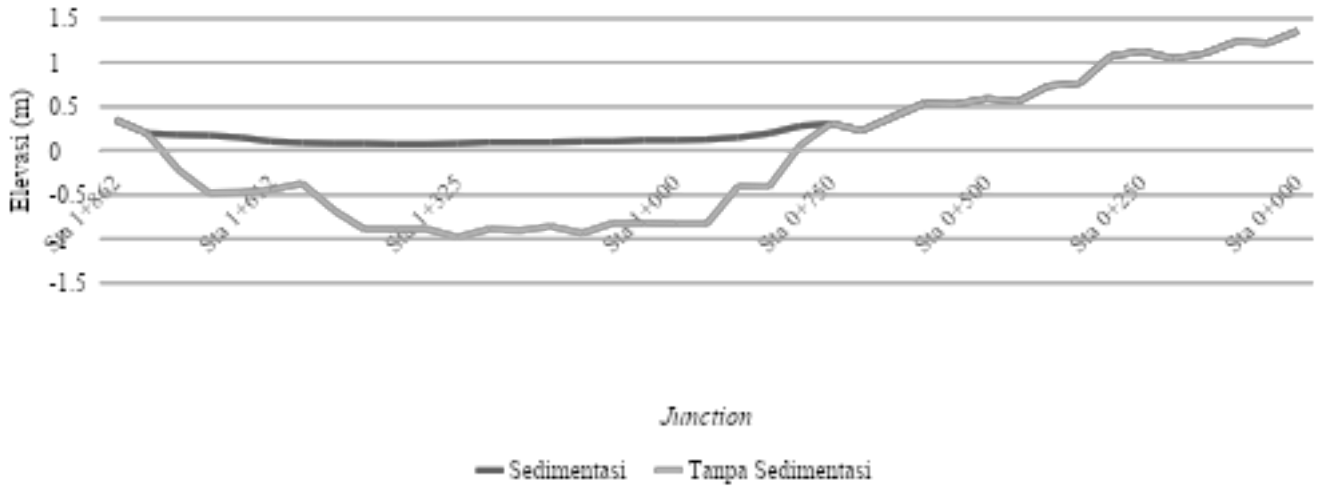
Gambar 3 Peta satelit lokasi drainase kawasan tanggul Lumpur Lapindo bagian barat yang dimodelkan dalam *software* PCSWMM

2.3.1 Perbedaan Skenario

Variabel yang membedakan kedua skenario adalah keberadaan sedimentasi di saluran dan kolam retensi yang diperoleh dari data batrimetri dan survei lapangan. Parameter yang berbeda antara lain: elevasi dasar dan kedalaman di *manhole*, koefisien kekasaran Manning dan kedalaman di saluran, serta kurva karakteristik kolam. Saluran drainase yang mengalami sedimentasi adalah drainase Jalan Raya Porong bagian timur di Sta 0+800 sampai ke Sta 1+762. Perbedaan elevasi dasar saluran antara skenario sedimentasi dan tanpa sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan perbedaan kedalaman dan koef. kekasaran Manning antara kedua skenario dapat dilihat pada Tabel 3.

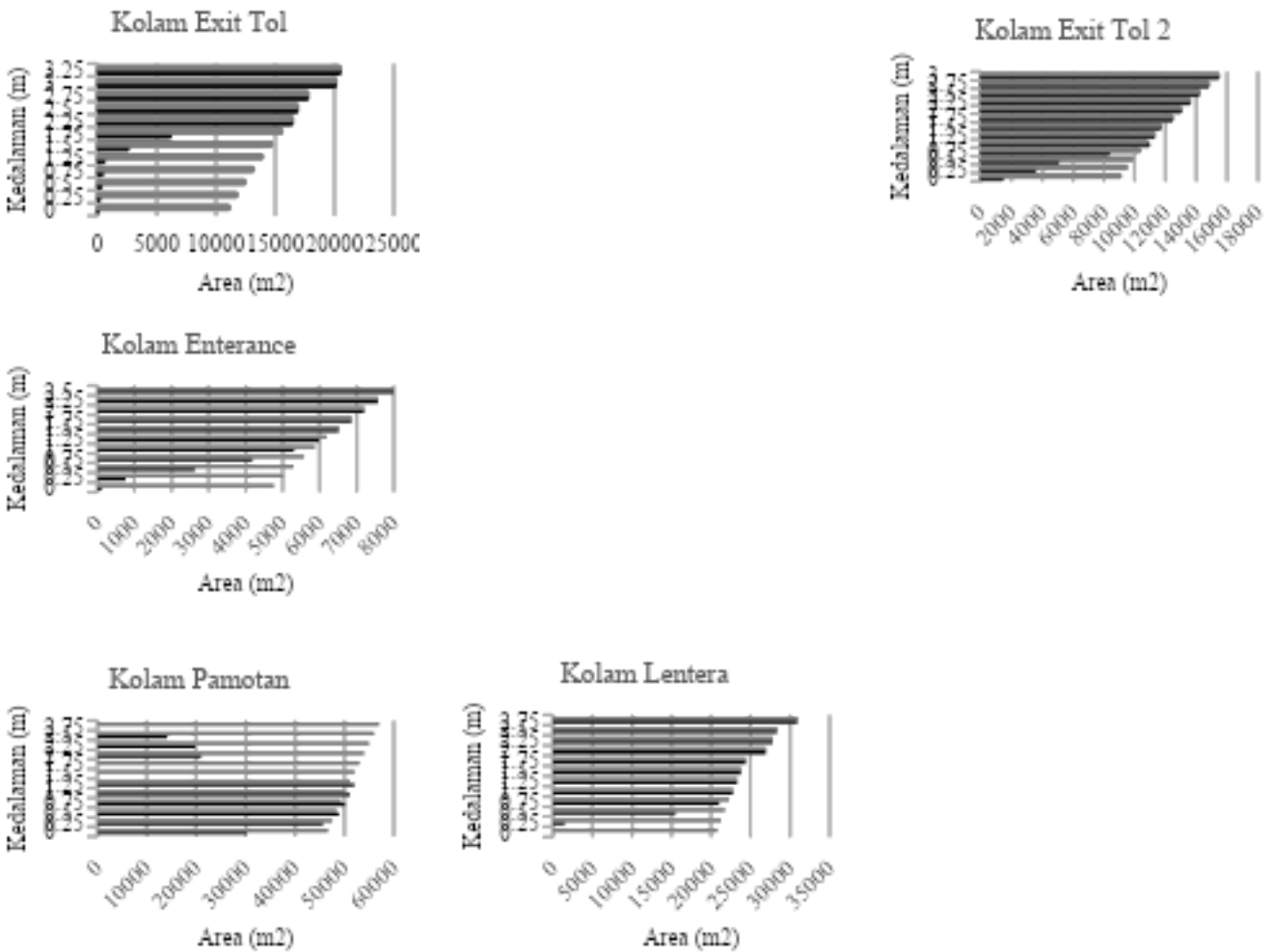
Tabel 3 Perbedaan parameter di komponen saluran antara kedua skenario

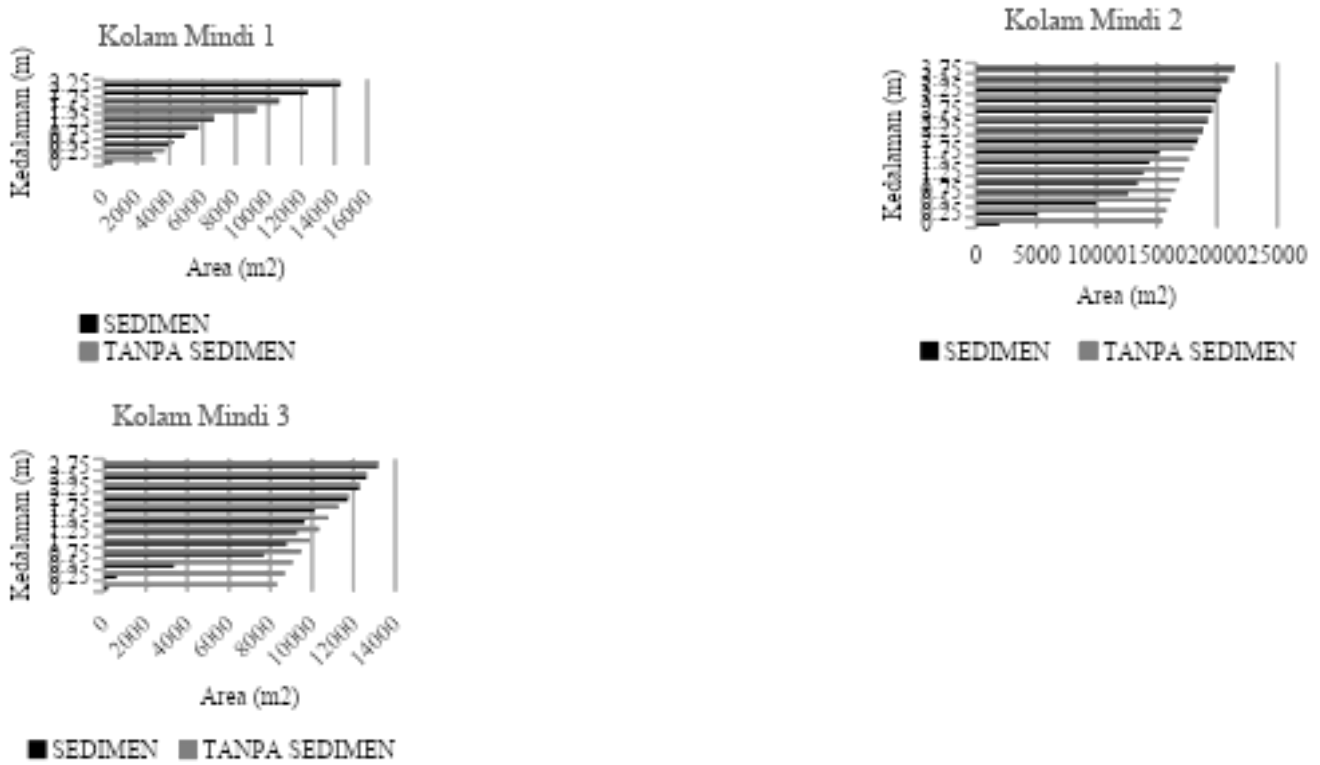
No	Parameter	Skenario Sedimentasi	Skenario Tanpa Sedimentasi
1	Kedalaman saluran	0.35	1.4
2	Koef. Kekasaran Manning	0.025	0.018



Gambar 4 Perbandingan elevasi dasar saluran drainase Jalan Raya Porong bagian timur pada skenario sedimentasi dan tanpa sedimentasi

Selain perbedaan elevasi dasar pada saluran drainase, kedua skenario memiliki perbedaan pada kurva karakteristik kolam yang dapat dilihat pada Gambar 4. Pada kedalaman 0–1 meter kebanyakan kolam retensi terdapat sedimentasi.





Gambar 5 Perbandingan luas genangan di kolam per skenario

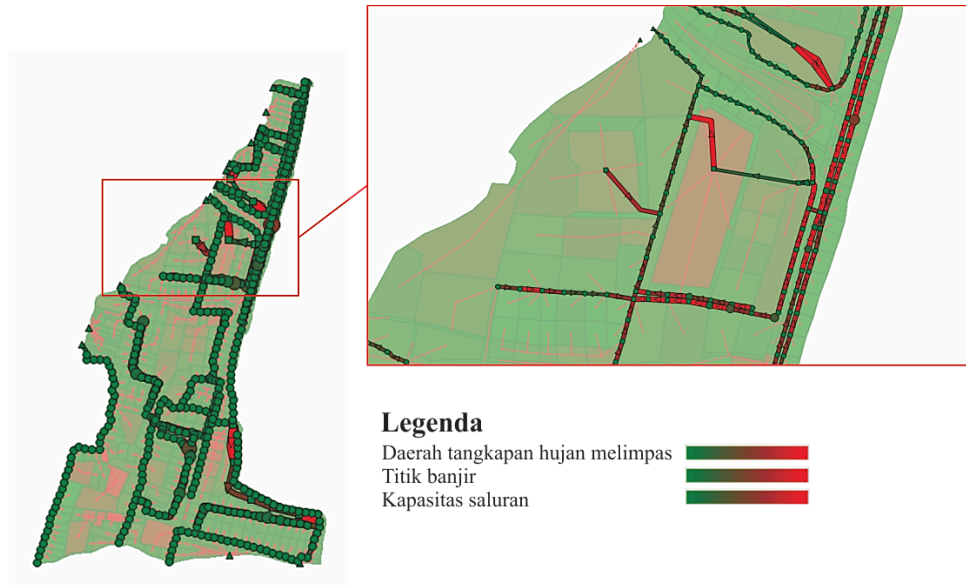
2.4 Metode Evaluasi

Metode evaluasi pada penelitian ini menggunakan metode yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Sehwat & Shekhar (2025). Evaluasi dilakukan dengan menghitung rerata presentase pengurangan atau penambahan indikator yang digunakan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

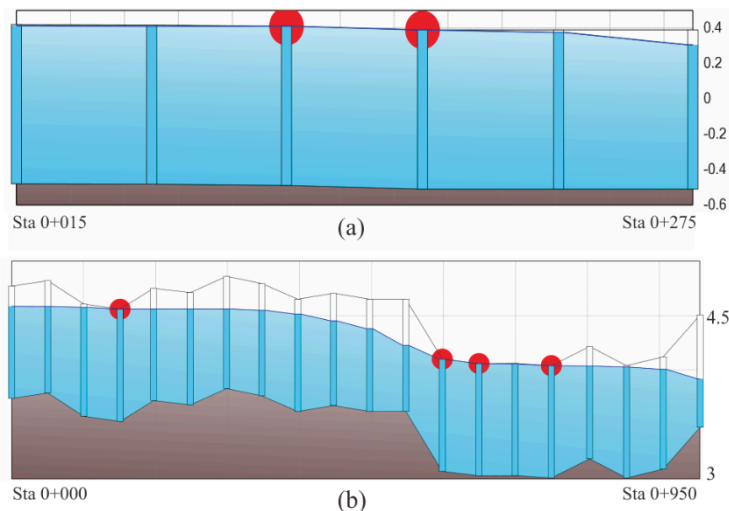
3.1 Simulasi Aliran Skenario Sedimentasi

Hasil simulasi aliran 1D jaringan drainase kawasan tanggul Lumpur Lapindo bagian barat di skenario sedimentasi dan tanpa sedimentasi menunjukkan terdapat beberapa titik banjir. Gambar 5 menunjukkan visualisasi hasil simulasi aliran 1D pada skenario sedimentasi. Beberapa kapasitas saluran yang menunjukkan warna merah yang menunjukkan bahwa kapasitas saluran tidak mampu untuk menerima beban aliran.



Gambar 6 Hasil simulasi aliran 1D pada skenario sedimentasi

Skenario dengan sedimentasi yang menunjukkan kondisi eksisting jaringan drainase di kawasan tanggul Lumpur Lapindo bagian barat menunjukkan bahwa terdapat 25 *junction* dari total 506 *junction* yang meluap. Penyebabnya adalah kapasitas saluran yang tidak cukup menampung beban air, elevasi jaringan drainase yang tidak sesuai akibat adanya penurunan muka tanah, dan sedimentasi yang membuat kapasitas desain berkurang. Gambar 7 menunjukkan saluran yang kapasitasnya tidak cukup dan *subsidence* yang membuat elevasi dasar saluran berubah.



Gambar 7 (a) Saluran Jalan Raya Porong bagian barat depan kolam Enterance yang penuh (b) saluran lahan kosong area selatan yang mengalami subsidence

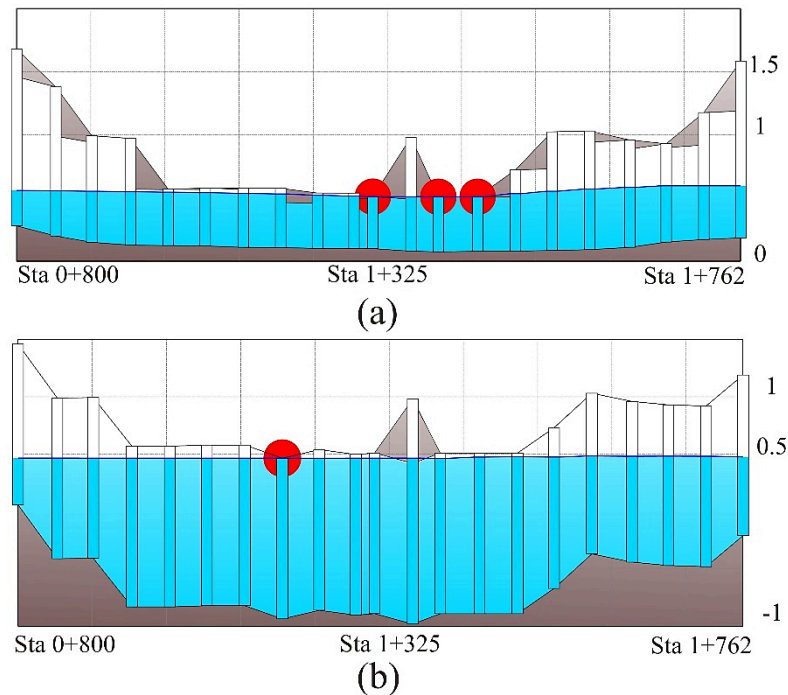
Berdasarkan hasil simulasi aliran, sedimentasi di saluran drainase Jalan Raya Porong Sta 0+800 sampai ke Sta 1+762 menyebabkan 3 *junction* meluap yaitu Sta 1+412, Sta 1+362, dan Sta 1+275. Durasi air meluap mencapai 7 jam dari 10 jam simulasi hujan. Titik yang mengalami limpasan terlebih dahulu adalah Sta 1+362 tepat pada jam ke-3. Sedangkan Sta 1+275 tepat pada jam ke-5 dan Sta 1+412 adalah jam ke-6. Total volume banjir dari ketiga *junction* tersebut selama simulasi 10 jam adalah 6.580 m³.

Sedangkan hasil simulasi aliran di bagian kolam retensi menunjukkan bahwa volume rerata 8 kolam retensi berkisar antara 8.484–96.925 × 10³ m³ dan volume maksimum antara 12.804–99.327 × 10³ m³ dengan waktu puncak terjadi di rentang waktu 06:00–09:59. Debit *outflow* memiliki rentang yang cukup besar, yaitu dari 0,349 m³/s hingga 26,832 m³/s. Kolam Mindi merupakan kolam yang memiliki debit *outflow* tertinggi dibandingkan kolam yang lainnya. Berdasarkan karakteristik kolam tersebut keseluruhan pompa yang berada di kolam berfungsi sesuai SOP beban air. Presentase penggunaan pompa berkisar dari 22–100%. Debit pompa berada pada nilai 0,31–0,42

m^3/s dengan volume air yang berhasil dipompa adalah $2.916\text{--}12.574 \times 10^3 \text{ m}^3$. Penggunaan energi untuk operasi pompa tersebut adalah 4,01–39,12 kWh.

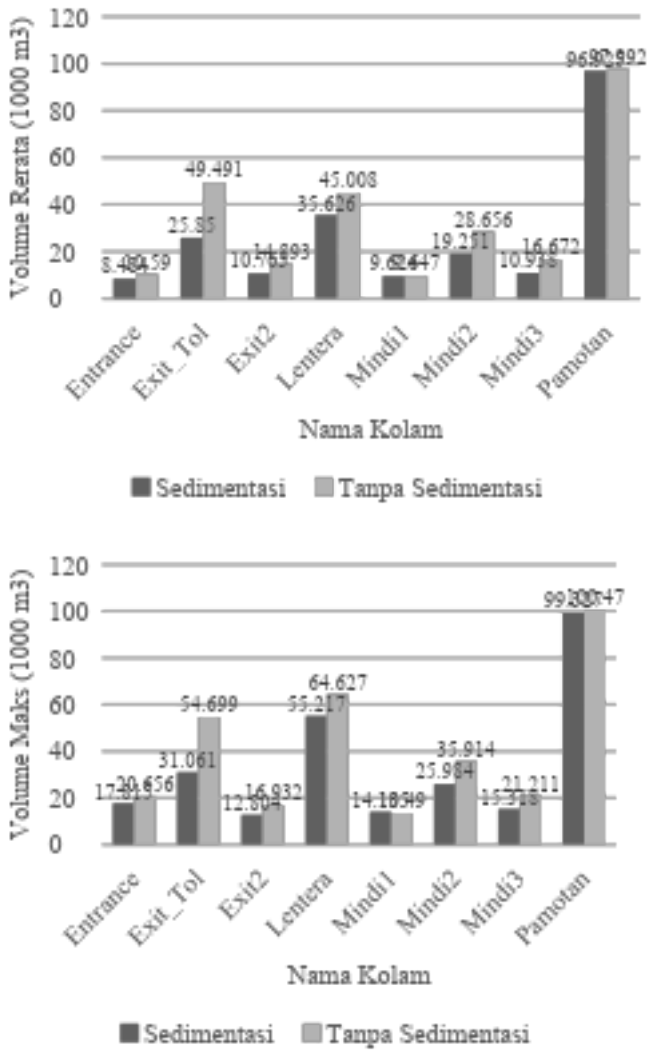
3.2 Simulasi Aliran Skenario Tanpa Sedimentasi

Hasil simulasi aliran skenario tanpa sedimentasi menunjukkan perbedaan sedikit dibandingkan dengan skenario dengan sedimentasi. Jumlah *junction* yang meluap adalah 23 *junction* dari 506 *junction* yang dimodelkan. Titik yang tidak meluap pada skenario ini adalah Sta 1+412, Sta 1+362, dan Sta 1+275. Namun titik banjir bergeser ke Sta 1+150. Durasi banjir juga berkurang menjadi 5 jam dari 10 jam simulasi. Total volume banjir juga mendekati jumlah ketiga titik sebelumnya, yaitu 5.552 m^3 .



Gambar 8 (a) Profil ketinggian air skenario sedimentasi saluran Jalan Raya Porong (b) Profil ketinggian air skenario tanpa sedimentasi saluran Jalan Raya Porong

Peningkatan kapasitas kolam retensi terlihat pada skenario tanpa sedimentasi. Volume rerata dan volume maksimum memiliki rentang yang lebih besar. Sedangkan waktu puncak aliran dan debit *outflow* tidak terjadi perubahan yang signifikan. Presentase penggunaan pompa pada skenario tanpa sedimentasi memiliki nilai yang sama dengan skenario dengan sedimentasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ada tidaknya sedimentasi pada kolam retensi mempengaruhi kapasitas tampung kolam namun tidak memberikan pengaruh pada operasi pompa yang sudah ada.



Gambar 9 (a) Perbandingan volume rerata kolam retensi di 2 skenario (b) Perbandingan volume maksimum kolam retensi di dua skenario

3.3 Evaluasi Berdasarkan Hasil Simulasi

Hasil kedua skenario yang menunjukkan titik banjir di saluran drainase Jalan Raya Porong dan Jalan Desa Ketapang menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian Sultonulazkar et al., (2022). Sedangkan titik banjir di Jalan Flamboyan dan Saluran Juwet menunjukkan hasil yang berbeda dengan Khoiri et al. (2022) dan Sultonulazkar et al. (2022). Validasi pemodelan dengan membandingkan dengan historis data banjir dan penelitian terdahulu menunjukkan terdapat 15 titik banjir tervalidasi sedangkan 2 titik banjir menunjukkan hasil yang berbeda, dan 8 titik banjir tidak tervalidasi. Perbedaan hasil di Jalan Flamboyan diakibatkan perbedaan dimensi saluran dan koefisien Manning yang digunakan. Sedangkan titik 8 titik banjir lainnya tidak dimodelkan dalam penelitian tersebut sehingga tidak dapat divalidasi.

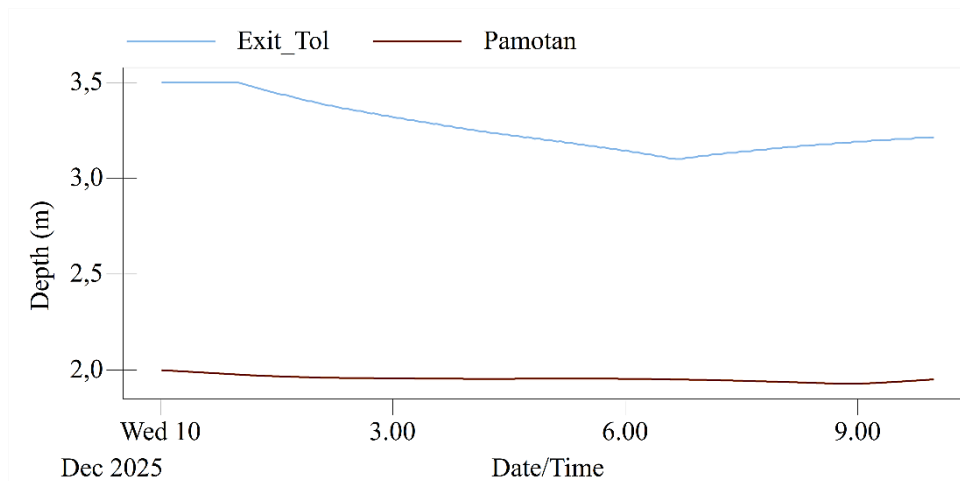
Evaluasi kinerja saluran berdasarkan hasil *running* kedua skenario dapat dilihat pada Tabel 3. Jumlah titik banjir turun sebesar 8%, durasi banjir lebih pendek sebesar 4%, dan total volume banjir mengalami penurunan sebesar 3% apabila sedimentasi tidak ada di dalam saluran drainase Jalan Raya Porong.

Tabel 4 Evaluasi kinerja saluran drainase

Variabel	Indikator	Presentase Penurunan
Kinerja Saluran Drainase	Jumlah titik banjir	8%
	Rerata Durasi banjir	4%
	Debit maksimum	0%

Variabel	Indikator	Presentase Penurunan
	Rerata Waktu Puncak	-2%
	Total volume banjir	3%

Sedangkan kinerja kolam retensi dari kedua skenario hanya memperlihatkan peningkatan kapasitas tampung kolam tanpa bisa mengatasi banyaknya titik banjir. Rerata peningkatan volume rerata dari 8 kolam retensi naik 23,1% dan rerata peningkatan volume maksimum 8 kolam retensi adalah 18,5%. Kinerja kolam retensi tidak optimal diduga karena pompa tidak cukup mampu mengalirkan air dari saluran ke tampungan kolam. Pernyataan ini diperkuat oleh grafik kedalaman air di kolam Exit Tol dan Pamotan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 10 Fluktuasi kedalaman air kolam retensi Exit tol dan Pamotan

Kinerja pompa di kedua skenario ternyata tidak menunjukkan perbedaan hasil baik dengan adanya sedimentasi maupun tidak. Hasil tersebut diduga karena mekanisme kerja pompa menyala pada ketinggian air yang tinggi. Tabel 5 menunjukkan kedalaman sedimentasi pada titik *inlet* pompa yang menunjukkan bahwa pompa menyala ketika air pada *inlet* tinggi dan tidak dimodelkannya sedimentasi di kolam pengumpul.

Tabel 5 Kedalaman sedimentasi titik *inlet* pompa dan mekanisme kinerja pompa berdasarkan kedalaman air

No	Nama Pompa	Inlet	Outlet	Kedalaman Pompa Nyala	Kedalaman Pompa Mati	Kedalaman Sedimentasi
1	Entrance1	Kolam pengumpul	Enterance	2.85	2.6	-
2	Entrance2	Kolam pengumpul	Enterance	2.85	2.6	-
3	Exit1	Kolam pengumpul	Exit Tol	2.35	0.85	-
4	Exit2	Kolam pengumpul	Exit Tol	2.35	0.85	-
5	ExitSungai_1	Exit Tol	S. Ketapang	3.5	3.1	1.75
6	ExitSungai_2	Exit Tol	Kolam Exit 2	3.5	3.1	1.75
7	Mindi1	Kolam pengumpul	Mindi 1	2.3	1.55	-
8	Mindi2	Kolam pengumpul	Mindi 2	2.3	1.55	-
9	Mindi3	Kolam pengumpul	Mindi 3	2.3	1.55	-
10	Pamotan	Pamotan	Saluran	1.3	0.8	0.75

Hasil penelitian menunjukkan secara garis besar bahwa jaringan drainase kawasan tanggul Lumpur Lapindo Sidoarjo tidak mampu menahan beban limpasan air. Sedimentasi yang ada di saluran memperparah kegagalan sistem karena kapasitas saluran yang semakin berkurang. Hasil ini memperkuat penelitian Ikhlas et al., (2025) yang menyatakan bahwa pengurangan kapasitas saluran yang diakibatkan oleh sedimentasi menyebabkan kenaikan risiko banjir.

Selain itu, sedimentasi membuat kapasitas tampung kolam retensi berkurang. Namun peran kolam retensi sebagai tempat singgah sementara air limpasan tergantung dengan debit *inflow* yang masuk ke dalam tampungan. Apabila debit *inflow* yang masuk sedikit maka peran kolam retensi di dalam sistem tidak optimal. Rekomendasi yang bisa diberikan adalah meningkatkan spesifikasi pompa yang lebih besar sehingga mampu mengalirkan air ke dalam tampungan kolam retensi. Hasil penelitian ini juga memberikan perspektif teknik lebih spesifik dan memperkuat penelitian yang dilakukan Sultonulazkar et al., (2022). Pembersihan sedimentasi untuk rehabilitasi dimensi saluran tidak cukup untuk mereduksi genangan. Sultonulazkar et al., (2022) menemukan bahwa kombinasi saluran resapan, rehabilitasi dimensi saluran, dan pembaruan jaringan pompa dapat mereduksi genangan hingga 100%.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi skenario sedimentasi dan tanpa sedimentasi dapat disimpulkan bahwa kinerja jaringan drainase kawasan tanggul lumpur Lapindo Sidoarjo tidak optimal karena banyak titik yang tidak mampu menahan beban limpasan. Penghilangan sedimentasi tidak dapat mengurangi titik banjir dengan signifikan. Meskipun kapasitas tampung kolam dapat meningkat cukup signifikan namun pemanfaatan kolam tidak dapat efektif apabila debit *inflow* masih kecil. Perlu peningkatan spesifikasi atau kapasitas pompa untuk mengalirkan beban air dengan debit besar ke kolam retensi. Berdasarkan hasil tersebut upaya penghilangan sedimentasi tidak cukup untuk meningkatkan kinerja jaringan drainase.

REFERENSI

- Babaei, S., Ghazavi, R., & Erfanian, M. (2018). Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. *Physics and Chemistry of the Earth*, 105(December 2017), 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.02.002>
- Guptha, G. C., Swain, S., Al-ansari, N., & Kumar, A. (2021). Evaluation of an urban drainage system and its resilience using remote sensing and GIS. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23(July), 100601. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100601>
- Ikhlas, T. N., Novia, F., & Febrion, C. (2025). Evaluasi Kapasitas Sistem Drainase di Desa Sukasari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 8, 124–136.
- Irene, C., & Manuel, V. (2025). *Integrated assessment of flood and subsidence hazards : A strategic approach for risk mitigation and water sustainability*. 121(September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105429>
- Khoiri, A. H., Andawayanti, U., & Haribowo, R. (2022). *Kajian Efektivitas Kolam Retensi Dalam Mereduksi Banjir Jalan Raya Porong Kabupaten Sidoarjo dengan Storm Water Management Model*. 2(2), 142–155.
- Liu, J., Cao, Z., Li, X., Wang, W., Hou, J., Li, D., & Ma, Y. (2022). Modelling urban flooding integrated with flow and sediment transport in drainage networks. *Science of the Total Environment*, 850(June), 158027. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158027>
- 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>
- Rew, D., Chufo, A., & Tilahun, G. (2025). *Simulation of Sustainable Stormwater Drainage Systems in Kuergeng Town Using EPASWMM and Remote Sensing Data*. 2, 1–33.
- Sehrawat, S., & Shekhar, S. (2025). *Urban Governance Integrating low impact development practices with GIS and SWMM for enhanced urban drainage and flood mitigation : A case study of Gurugram , India*. 5(May), 240–255. <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2025.05.004>
- Sultonulazkar, A., Andawayanti, U., & Sumiadi. (2022). *Analisis Sistem Drainase Jalan Raya Porong Berbasis Zero Run-Off Di Kabupaten Sidoarjo*. 2(2), 40–52.

- Yin, J., Yu, D., & Wilby, R. (2016). Modelling the impact of land subsidence on urban pluvial flooding : A case study of downtown Shanghai , China. *Science of the Total Environment, The, 544*(July 2011), 744–753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.159>
- Zhang, X., Kang, A., Lei, X., & Wang, H. (2024). Science of the Total Environment Urban drainage efficiency evaluation and flood simulation using integrated SWMM and terrain structural analysis. *Science of the Total Environment, 957*(August), 177442. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177442>