

## **Evaluasi Efektifitas Saluran pada Sistem Polder Kamal Jakarta Utara Menggunakan HEC-HMS**

**Evy Mutri Listyaningtyas\*, Evi Anggraheni**

Universitas Indonesia

Email: [evy.mutri@ui.ac.id](mailto:evy.mutri@ui.ac.id)\*, [evi.anggraheni@eng.ui.ac.id](mailto:evi.anggraheni@eng.ui.ac.id)

---

**Keywords:**

*flood; polder system; channel capacity; hec-hms.*

---

**Abstract**

*Jakarta, as a major metropolitan area and the capital of Indonesia, is predominantly situated in low-lying regions, resulting in high susceptibility to flooding and inundation. In areas where gravitational drainage is ineffective, polder systems are implemented as a key flood mitigation strategy. The Kamal Polder in North Jakarta serves an essential role in protecting surrounding residential areas and infrastructure from flooding, tidal influences, and sea-level fluctuations. This study evaluates the capacity of existing drainage channels within the Kamal Polder system under design flood conditions corresponding to return periods of 5, 10, and 25 years. Hydrological modeling was conducted using the HEC-HMS, with rainfall losses estimated using the SCS-CN method and flow routing performed using the Kinematic Wave approach. Channel capacity was assessed by comparing simulated discharge outputs with the hydraulic capacity derived from channel cross-sectional analysis. The results indicate that the existing channel capacities are 33.40 m<sup>3</sup>/s, 47.30 m<sup>3</sup>/s, and 68.70 m<sup>3</sup>/s for the 5-, 10-, and 25-year return periods, respectively. These findings suggest that the current system is insufficient to fully accommodate design flood discharges, leading to unavoidable water backlogging and localized inundation within the Kamal Polder area.*

---

**Kata Kunci:**

banjir; sistem polder; kapasitas saluran; hec-hms.

---

**Abstrak**

Jakarta merupakan kota metropolitan sekaligus pusat pemerintahan Indonesia yang sebagian besar wilayahnya berada pada kawasan dataran rendah, sehingga memiliki tingkat kerentanan banjir/genangan cukup tinggi. Untuk mengatasi permasalahan banjir di wilayah Jakarta yang tidak dapat mengalirkan air secara gravitasi, sistem polder merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi. Salah satu polder penting di kawasan Jakarta Utara adalah Polder Kamal, yang berfungsi melindungi area permukiman dan infrastruktur di sekitarnya dari ancaman genangan dan banjir serta pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kapasitas saluran eksisting pada sistem Polder Kamal terhadap debit banjir rencana periode ulang 5, 10, dan 25 tahun. Analisis hidrologi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat bantu HEC-HMS dimana perhitungan kehilangan hujan didekati dengan metode SCS-CN dan metode routing menggunakan Kinematic Wave. Evaluasi kapasitas saluran dilakukan dengan membandingkan debit model hasil HEC-HMS dengan debit yang dihasilkan dari analisis luas penampang saluran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari hasil analisis HMS menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting pada sistem Polder kamal sebesar 33.40 m<sup>3</sup>/dt pada kala ulang 5 tahun, 47.30 m<sup>3</sup>/dt pada

## PENDAHULUAN

Secara klimatologis, Jakarta beriklim tropis dengan periode hujan yang umumnya berlangsung dari Oktober hingga Maret, sedangkan musim kemarau terjadi pada April sampai September. Intensitas hujan tertinggi biasanya terjadi pada rentang November hingga Januari, dengan total curah hujan tahunan pada tahun 2023 tercatat sekitar 1.580,70 mm/tahun (IRBI, 2024). Di samping kondisi iklim tersebut, terdapat 13 sungai yang melintasi wilayah Jakarta dan bermuara di Teluk Jakarta, sehingga meningkatkan kerentanan kawasan terhadap banjir. Kombinasi faktor topografi, jaringan sungai, dan letak wilayah pesisir menyebabkan sebagian area di Jakarta secara alami berfungsi sebagai dataran banjir dan sering mengalami genangan saat musim hujan (Yatsrib et al., 2021).

Wilayah bagian utara Jakarta memiliki tingkat kerentanan banjir/genangan cukup tinggi, terutama di daerah dataran rendah seperti Kamal, Tegal Alur, Cengkareng, dan sekitarnya. Selain itu, wilayah ini juga berada di kawasan pesisir utara Jakarta, dimana wilayah pesisir berpotensi mengalami banjir majemuk yang diakibatkan oleh curah hujan tinggi, kenaikan muka air laut, dan gelombang badai sehingga dapat meningkatkan resiko banjir/genangan yang terjadi (Ye et al., 2025). Selain itu, sistem drainase yang tidak mampu menampung debit limpasan secara optimal merupakan salah satu faktor penyebab banjir/genangan pada wilayah tersebut (Bappenas, 2021).

Untuk mengendalikan genangan di kawasan dataran rendah tersebut, diterapkan sistem polder sebagai salah satu bentuk rekayasa tata air perkotaan (Aditama et al., 2025; Kautsar et al., 2025). Sistem polder merupakan sistem drainase tertutup yang terdiri atas tanggul, saluran drainase, pompa, kolam tampungan (*retention basin*), dan badan air penerima yang bekerja secara terpadu untuk menjaga keseimbangan air di dalam kawasan (Yuswo et al., 2022).

Urgensi penelitian ini sangat tinggi mengingat Polder Kamal melindungi kawasan permukiman padat dan infrastruktur penting di Jakarta Utara. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2025) menunjukkan bahwa indeks risiko banjir di Jakarta Utara masih tergolong tinggi. Tanpa evaluasi kapasitas saluran yang akurat, upaya perbaikan sistem polder akan kurang tepat sasaran. Penelitian ini menjadi penting untuk memberikan bukti empiris bagi Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta dalam merumuskan prioritas peningkatan kapasitas saluran dan optimalisasi sistem polder (Ardaputra, 2025; Noviadriana, 2020; Sutisnawidjaja & Simanjuntak, 2025).

Kebaruan penelitian ini terletak pada: (1) evaluasi spesifik terhadap 11 sub-catchment dalam sistem Polder Kamal dengan luas 15,58 km<sup>2</sup>, (2) penggunaan data curah hujan terkini hingga tahun 2024 dari dua stasiun (Pompa Tanjungan dan Soekarno-Hatta), (3) perbandingan langsung antara debit hasil simulasi HEC-HMS dengan kapasitas hidrolis saluran eksisting berdasarkan penampang aktual, dan (4) identifikasi bahwa saluran eksisting hanya mampu menampung debit banjir rencana kala ulang 5 tahun, namun tidak memadai untuk kala ulang 10 dan 25 tahun.

Salah satu polder penting di kawasan Jakarta Utara adalah Polder Kamal, yang berfungsi melindungi area permukiman dan infrastruktur di sekitarnya dari ancaman genangan dan banjir serta pasang surut air laut. Namun, efektivitas Polder Kamal belum optimal akibat keterbatasan kapasitas saluran dan menurunnya kinerja sistem pompa, terutama saat curah hujan dengan intensitas tinggi dan bersamaan dengan pasang air laut (Arbaningrum, 2018; Ija, 2022). Selain itu, Polder Kamal merupakan sistem polder di kawasan pesisir Jakarta yang belum dilengkapi dengan kolam tampungan guna menunjang efektivitas kinerja sistem polder (Ginting, 2015; Ginting & PSDA, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi efektifitas kapasitas saluran eksisting terhadap debit banjir rencana kala ulang 5, 10 dan 25 tahun dengan menggunakan HEC-HMS (Mahendra, 2025; Marseila et al., 2026; Nimanto et al., 2025). Pemodelan dengan HEC-HMS mampu mensimulasikan hubungan hujan–limpasan dalam suatu DAS baik secara temporal maupun spasial, sehingga HEC-HMS dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan, seperti analisis frekuensi banjir, perencanaan sistem peringatan dini banjir, evaluasi kapasitas tampungan dan drainase, serta pengelolaan aliran sungai (Hagras, 2025).

Dalam analisis hidrologi dengan HEC-HMS, salah satu metode yang digunakan dalam memperkirakan kehilangan hujan adalah *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN)* (Marko & Zulkarnain, 2018; Munajad & Suprayogi, 2015). Metode ini menggambarkan kondisi suatu DAS melalui parameter *curve number (CN)* yang merepresentasikan kombinasi dari beberapa faktor yaitu jenis tanah, penggunaan lahan, tutupan lahan serta kondisi kelembaban awal tanah (Jawale, A.D. Thube, 2025). Dengan kombinasi antara HEC-HMS dan metode SCS-CN, analisis debit banjir rencana dapat dilakukan secara efektif terhadap kondisi sistem Polder Kamal, sehingga hasil simulasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kapasitas saluran (Marsidi, 2024).

## METODE PENELITIAN

Dalam analisis debit banjir rencana pada sistem Polder Kamal menggunakan perangkat lunak HEC-HMS untuk membantu simulasi.

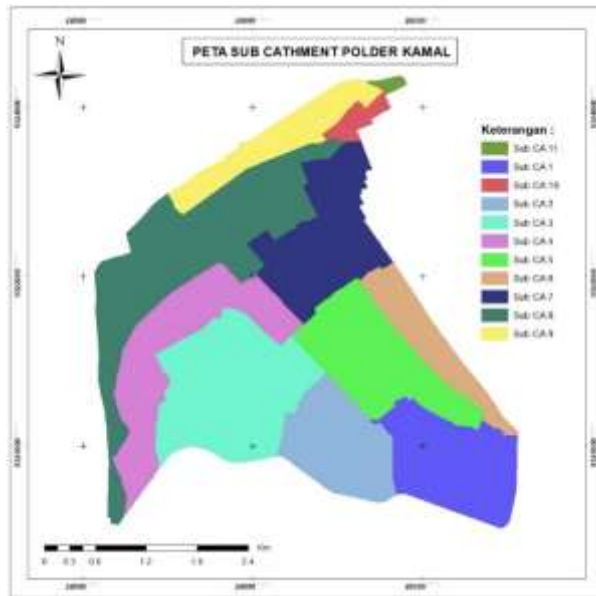
Simulasi hidrologi dengan HEC-HMS dilakukan untuk memperoleh besaran debit banjir yang mempengaruhi Sistem Polder Kamal. Data yang diperlukan dalam simulasi hidrologi antara lain data curah hujan, DEM, peta tata guna lahan, peta sistem drainase dan topografi sungai. Data curah hujan berupa curah hujan maksimum tahunan kemudian dianalisis untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan berbagai kala ulang. Data tata guna lahan diperlukan untuk memperoleh nilai *curve number (CN)*. Peta sistem drainase digunakan untuk memperoleh skema aliran pada sistem polder, sedangkan data topografi digunakan untuk memperoleh data parameter sungai. Selanjutnya data-data tersebut digunakan sebagai input dalam simulasi hidrologi dengan menggunakan HEC-HMS sehingga dihasilkan hidrograf banjir.

### Wilayah Studi

Secara administratif, Polder Kamal mencakup wilayah Kecamatan Penjaringan, Kecamatan Kalideres, dan Kecamatan Cengkareng serta termasuk dalam dua wilayah administrasi, yaitu Jakarta Barat dan Jakarta Utara.

Berdasarkan batas daerah tangkapan air (*catchment area*), Polder Kamal dibatasi oleh Jalan Tol Airport Prof. Sedyatmo di sebelah barat, Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta di sebelah timur, Jalan Kapuk Kamal Raya dan Jalan Kamal Raya Kecamatan Penjaringan di sebelah Utara dan Jalan Kebahagiaan Utara, Kota Jakarta Barat di sebelah selatan.

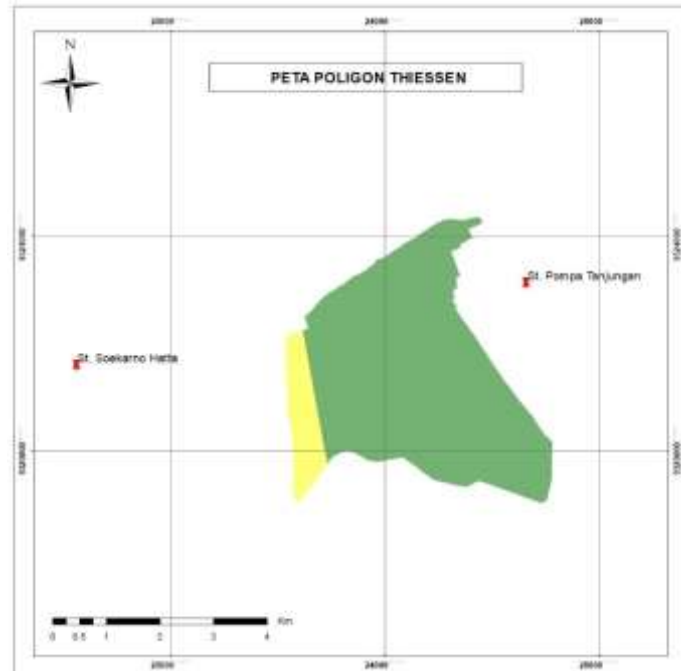
Polder Kamal memiliki luas daerah tangkapan sebesar 15,58 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 11 (sebelas) subcatchment seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1. Subcatchment pada Sistem Polder Kamal**

### Analisis Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap curah hujan harian maksimum dari stasiun hujan yang berpengaruh. Berdasarkan analisis pengaruh stasiun hujan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen seperti pada Gambar 2, maka stasiun hujan yang berpengaruh pada Polder Kamal adalah Stasiun Hujan Pompa Tanjungan dan Stasiun Hujan Soekarno-Hatta.



**Gambar 2. Poligon Thiessen Polder Kamal**

Pada Stasiun Hujan Pompa Tanjungan, data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan harian tahun 2014 sampai dengan 2024 dan pada Stasiun Hujan Soekarno-Hatta mulai tahun 1985-2024.

Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan curah hujan rencana digunakan metode analisis frekuensi diantaranya metode Distribusi Gumbel dan Log Pearson III, dimana persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

**Distribusi Gumbel:**

$$X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} S_x \quad (1)$$

dimana:

- $X_t$  : Hujan Rencana
- $Y_t$  : Parameter Gumber untuk kala ulang tertentu
- $\bar{X}$  : Hujan maksimum rerata
- $Y_n$  : *Reduced Mean*, fungsi dari jumlah data (n)
- $S_n$  : *Reduced Standard Deviation*

**Distribusi Log Pearson III:**

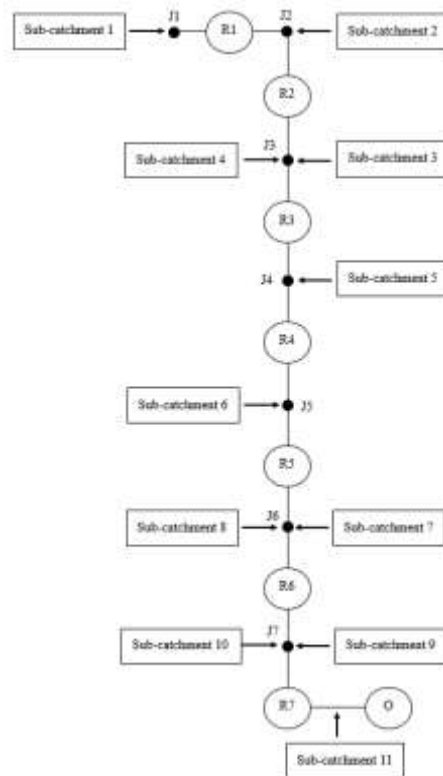
$$\text{Log}X_t = \overline{\text{Log} \bar{X}} + K_T S_{\log x} \quad (2)$$

dimana:

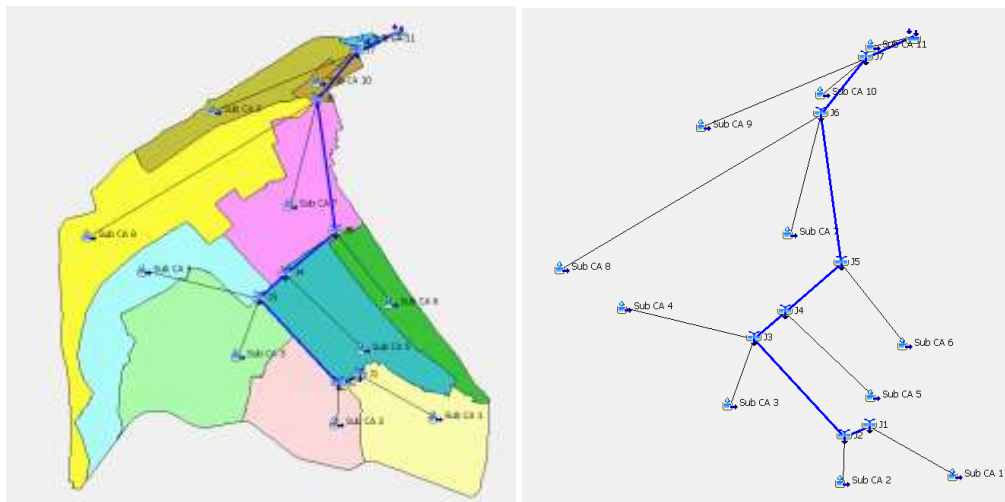
- $X_t$  : Hujan Rencana
- $\bar{X}$  : Hujan maksimum rerata
- $K_T$  : Faktor frekuensi Log Pearson
- $S_{\log x}$  : Deviasi standar

**Analisis Debit Banjir Rencana dengan HEC-HMS**

Analisis debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan model hidrologi HEC-HMS, yang dikembangkan oleh *United States Army Corps of Engineers*. Pemodelan diawali dengan penyusunan skema DAS yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu *subbasin*, *reach*, *junction*, dan *outlet*. Skema aliran Polder Kamal pada pemodelan HEC-HMS dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 3. Skema Tata Air pada Sistem Polder Kamal**



**Gambar 4. Skema Sistem Polder Kamal Kondisi Eksisting**

Properti *subbasin* yang dibutuhkan yaitu luas *sub-cathment*, nilai CN terbobot, dan persen *impervious cover* disajikan pada Tabel 1. Untuk properti *reach* yang dibutuhkan adalah panjang *reach*, kemiringan (*slope*), lebar dan tinggi saluran, tipe saluran serta luas penampang basah disajikan pada Tabel 2.

Parameter hidrologi yang digunakan dalam pemodelan meliputi luas DAS, panjang sungai utama, kemiringan sungai, nilai *Curve Number* (CN), serta waktu tunda aliran (*lag time*). Metode kehilangan hujan yang digunakan adalah *SCS Curve Number*, sedangkan metode transformasi hujan menjadi limpasan menggunakan *SCS Unit Hydrograph*.

Pendekatan SCS-CN didasarkan pada konsep hujan efektif, di mana besarnya limpasan dipengaruhi oleh nilai *Curve Number* (CN). Secara matematis, curah hujan efektif dengan Metode SCS-CN dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Chow et al.,1988):

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (3)$$

dengan:

$P_e$  = tinggi hujan efektif (dalam mm)

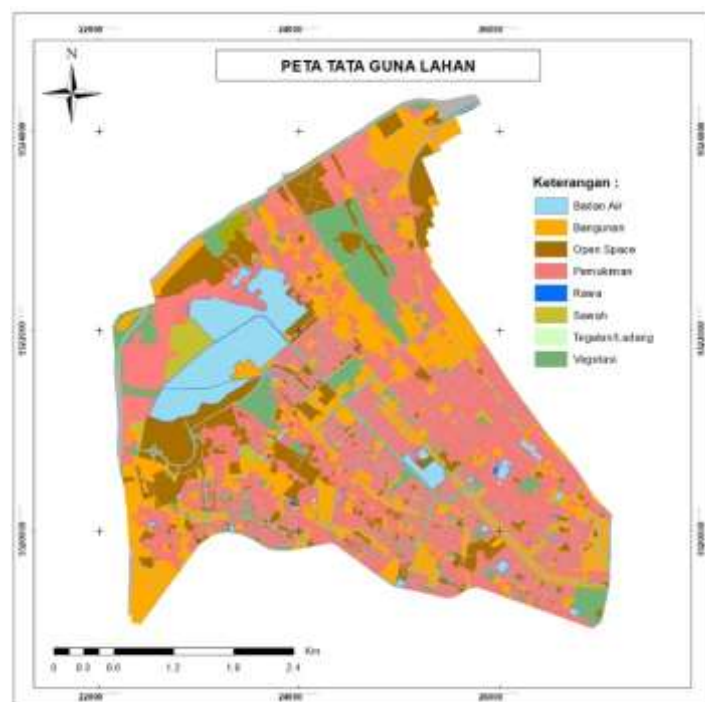
$P$  = tinggi hujan (dalam mm)

$S$  = Kapasitas maksimum potensial tanah (dalam mm)

Nilai potensi retensi maksimum dihitung berdasarkan hubungan dengan nilai CN, yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4)$$

Dimana nilai *Curve Number* (CN) diperoleh berdasarkan penggunaan lahan pada sistem Polder Kamal sebagaimana disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5 Penggunaan Lahan Sistem Polder Kamal**

**Tabel 1. Properti *Subbasin* untuk Simulasi HEC-HMS**

<i>Sub Catchment</i>	Luas <i>Sub Catchment</i> (km <sup>2</sup> )	Nilai CN Terbobot	<i>Impervious Cover</i> (%)
1	1.61	86.15	81.53
2	1.32	86.40	85.83
3	2.44	83.53	71.03
4	1.80	86.94	38.16
5	1.68	86.91	85.51
6	0.82	87.55	96.58
7	1.73	83.17	72.25
8	3.02	83.89	55.48
9	0.90	82.31	63.60
10	0.20	86.41	77.04
11	0.06	88.93	78.18

**Tabel 2. Properti Reach untuk Simulasi HEC-HMS**

Reach	Panjang (m)	Slope	Reach Penerima	Lebar Atas (m)	Lebar Bawah (m)	Tinggi (m)
R1	315.04	0.0017	R2	8.00	8.00	0.70
R2	1339.45	0.00004	R3	8.00	8.00	0.70
R3	405.81	0.0005	R4	13.60	13.60	1.70
R4	776.63	0.0001	R5	11.10	11.10	1.50
R5	1547.56	0.00002	R6	7.50	7.50	1.50
R6	735.36	0.0002	R7	15.45	15.45	1.70
R7	287.89	0.0006	Outlet	16.60	16.60	1.50

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Pemodelan Hidrograf Banjir dengan HEC-HMS

Setelah dilakukan analisis curah hujan rencana dengan metode yang dipilih, maka diperoleh curah hujan rencana untuk berbagai kala ulang yang selanjutnya digunakan dalam pemodelan hidrograf banjir. Hasil analisis curah hujan rencana pada Polder Kamal pada berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 3.

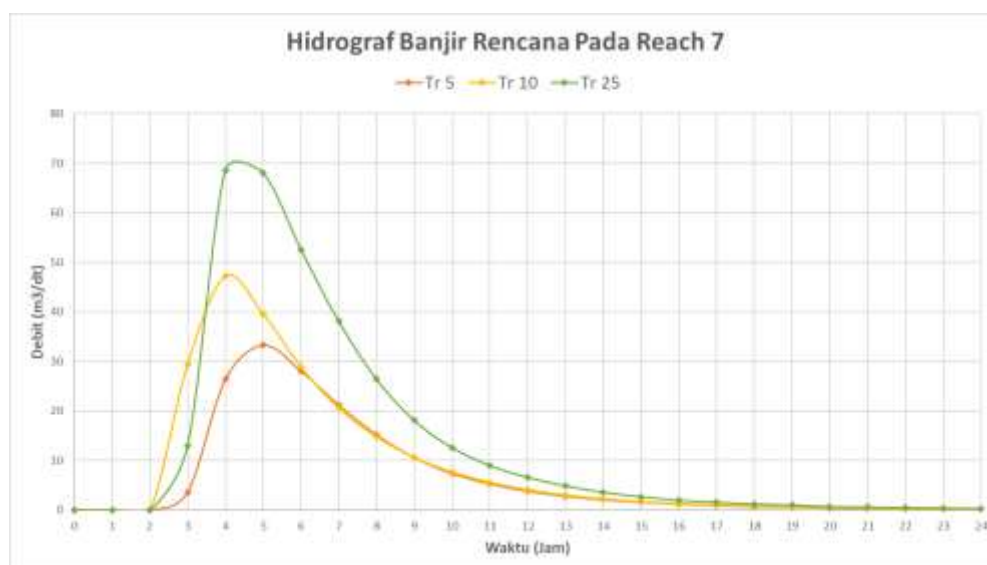
**Tabel 3. Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang**

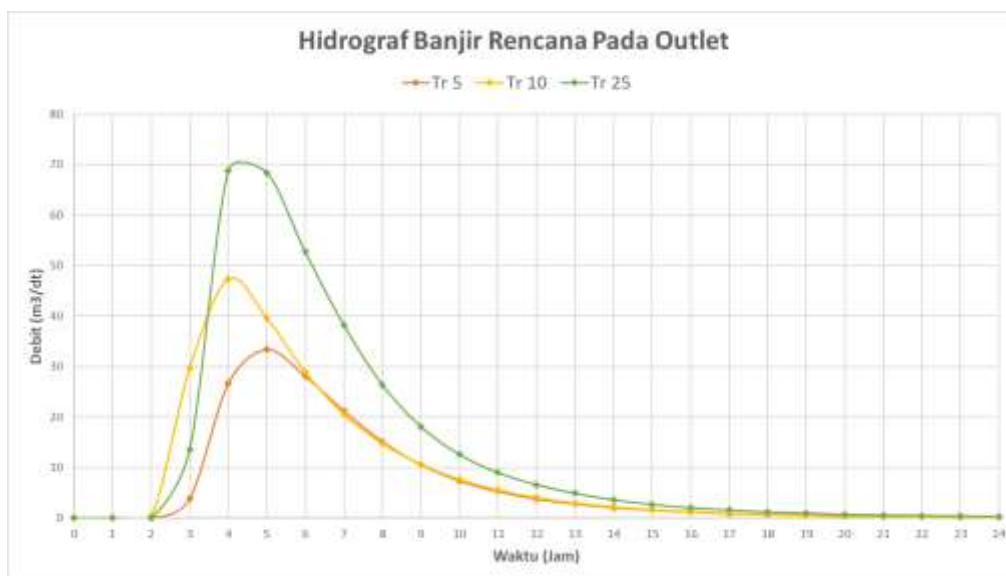
Kala Ulang (tahun)	CH Rencana (mm)
5	132.8
10	157.3
25	192.1

Setelah dilakukan pemodelan HEC-HMS dengan komponen yang telah diidentifikasi sebelumnya, maka diperoleh debit rencana banjir untuk kala ulang 5, 10, dan 25 tahun sebagaimana disajikan pada Tabel 4 dan untuk hidrograf banjir rencana tersaji pada Gambar 6 dan Gambar 7.

**Tabel 4. Debit Puncak Banjir Rencana Hasil Simulasi HEC-HMS**

Komponen	Debit (m <sup>3</sup> /dt)		
	Tr 5 Tahun	Tr 10 Tahun	Tr 25 Tahun
Reach 7	33.3	47.2	68.6
Outlet	33.4	47.3	68.7

**Gambar 6. Grafik Hidrograf pada Reach 7**



**Gambar 7. Grafik Hidrograf pada Outlet**

### Evaluasi Kapasitas Saluran

Hasil analisis debit berdasarkan luas penampang saluran eksisting dan debit hasil simulasi HEC-HMS dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

**Tabel 7. Evaluasi Kapasitas Saluran Eksisting**

Kala Ulang (Tahun)	Kapasitas Eksisting (m <sup>3</sup> /dt)	Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /dt)
5	36.53	33.40
10		47.30
25		68.70

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa debit yang mampu ditampung oleh saluran eksisting pada sistem Polder Kamal yaitu sebesar 36.53 m<sup>3</sup>/dt. Sementara debit rencana hasil simulasi HEC-HMS untuk kala ulang 5, 10 dan 25 tahun berturut-turut yaitu sebesar 33.40 m<sup>3</sup>/dt, 47.30 m<sup>3</sup>/dt dan 68.70 m<sup>3</sup>/dt.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas saluran eksisting pada sistem Polder Kamal menggunakan pemodelan HEC-HMS, disimpulkan bahwa kapasitas saluran eksisting hanya sebesar 36,53 m<sup>3</sup>/dtk. Debit banjir rencana hasil simulasi untuk kala ulang 5, 10, dan 25 tahun berturut-turut adalah 33,40 m<sup>3</sup>/dtk, 47,30 m<sup>3</sup>/dtk, dan 68,70 m<sup>3</sup>/dtk. Dengan demikian, saluran eksisting hanya mampu menampung debit banjir rencana pada kala ulang 5 tahun (masih tersisa kapasitas 8,56%), namun tidak memadai untuk kala ulang 10 tahun (kelebihan debit 29,48%) dan 25 tahun (kelebihan debit 88,12%). Genangan akibat antrian air di saluran kawasan Polder Kamal tidak dapat dihindari untuk kejadian hujan dengan intensitas setara kala ulang 10 tahun atau lebih tinggi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan HEC-HMS dengan HEC-RAS 2D untuk memodelkan interaksi dengan pasang surut, melakukan kalibrasi model dengan data debit aktual, serta menganalisis proyeksi debit rencana akibat perubahan iklim. Berbagai solusi perlu diteliti lebih lanjut, seperti normalisasi saluran rutin, peningkatan dimensi saluran pada segmen kritis (R4, R5, R6), dan pembangunan kolam tampungan di sub-

catchment dengan kontribusi debit terbesar, guna mengoptimalkan kinerja sistem Polder Kamal sebagai sistem perlindungan banjir di Jakarta Utara.

## REFERENSI

- Aditama, A. R., Bisri, M., & Dermawan, V. (2025). Studi alternatif pengendalian banjir sistem drainase polder Kedoya Taman Ratu Greenville di Kota Jakarta Barat dengan pendekatan pemodelan banjir aliran 2D. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(2), 1308–1319.
- Arbaningrum, R. (2018). Pemodelan pola operasi sistem pompa pada desain polder guna mitigasi banjir dan rob di wilayah Semarang Timur. *Teknik*, 39(2).
- Ardaputra, D. S. (2025). Analisis kebijakan infrastruktur pengendalian banjir di Jakarta: Evaluasi ketahanan dan tantangan pembangunan giant sea wall. *Journal of Syntax Literate*, 10(12).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2025). *IRBI indeks risiko bencana Indonesia* (Vol. 3, No. 3).
- Chow, V. T., Mays, L. W., & Maidment, D. R. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Ginting, S. (2015). *Kajian dan efektivitas pengendalian banjir di DKI Jakarta* [Tesis, Institut Teknologi Bandung].
- Ginting, S., & PSDA, M. (2025). *Efektivitas strategi pengendalian banjir di kawasan perkotaan*. Penerbit Adab.
- Hagras, A. (2025). Modeling of rainfall-runoff and flooding using HEC-HMS model through GIS in an arid environment: A case study in the Safaga Valley Basin, West Safaga City, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 233, Article 105867. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2025.105867>
- Ija, L. I. (2022). *Analisis penambahan sistem polder pada daerah aliran Sungai Gonjol dalam upaya menanggulangi banjir di Kecamatan Sayung* [Skripsi, Universitas Islam Sultan Agung].
- Jawale, P. S., & Thube, A. D. (2025). Rainfall-runoff modeling of urban floods using GIS and HEC-HMS. *MethodsX*, 15, Article 103437. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103437>
- Kautsar, G., Bisri, M., & Dermawan, V. (2025). Studi alternatif pengendalian banjir sistem drainase polder Kembangan di Kota Jakarta Barat dengan pendekatan pemodelan banjir aliran 2D. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(2), 1320–1333.
- Mahendra, M. O. (2025). Evaluasi sistem drainase menggunakan pemodelan HEC-RAS: Studi kasus Jalan Puloampel Bojonegara KM 17-18 Kabupaten Serang, Banten. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 14(2), 182–194.
- Marko, K., & Zulkarnain, F. (2018). Pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(1), 26–37.
- Marseila, A. W., Asmaranto, R., & Sajali, M. A. (2026). Perencanaan pengendalian banjir Sungai Sowu Nias Utara menggunakan program HEC-RAS 6.2. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 6(1), 57–68.
- Marsidi, M. B. (2024). *Simulasi kolam detensi pengendali banjir Kota Sengkang (Kasus Jl. Dahlia–Veteran): Flood control detention pond simulation in Kota Sengkang (Case of Jl. Dahlia–Veteran)* [Skripsi, Universitas Hasanuddin].
- Munajad, R., & Suprayogi, S. (2015). Kajian hujan–aliran menggunakan model HEC-HMS di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(1).
- Nimanto, A. P., Satriya, A., Febriyani, V., & Susetyo, E. W. (2025). Kajian pengendalian banjir di Sungai Asam Kota Jambi menggunakan analisis flood damage reduction: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(4), 3803–3817.

- Noviadriana, D. (2020). *Model indeks layanan sistem polder* (Disertasi doctoral, Universitas Brawijaya).
- Sutisnawidjaja, R., & Simanjuntak, M. R. A. (2025). Evaluasi kinerja operasional pintu air dalam pengendalian banjir di Perumahan Pondok Gede Permai Bekasi. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 4(8).
- Yuswo, M., et al. (2022). Drainage system of Tegalsari Polder for handling flood and tide in Tegal City Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 955, Article 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/955/1/012008>