

Analisis Banjir pada Polder Sunter Timur II dengan Menggunakan HEC-RAS (Ras Mapper)

Agis Setiyowati¹⁾, Evi Anggraheni²⁾

^{1, 2)} Fakultas Teknik Program Pascasarjana S2 Universitas Indonesia

Email: agis.setiyowati@ui.ac.id¹⁾, evi.anggraheni@eng.ui.ac.id²⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i1.1003>

(Received: 4 August 2023 / Revised: 11 December 2023 / Accepted: 20 January 2024)

Abstrak

Banjir di Jakarta menimbulkan kerusakan dan kerugian, menjadi latar belakang dilakukannya analisis banjir di Polder Sunter Timur II yang disajikan dalam makalah ini. Wilayah hilir Jakarta terbagi menjadi 43 sistem polder dan salah satunya adalah Polder Sunter Timur II. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan luas daerah banjir rencana Polder Sunter Timur II. Analisis hidrologi menggunakan software HEC-HMS dan analisis banjir menggunakan HEC-RAS (Ras Mapper). Data input yang digunakan dalam pemodelan yaitu *Digital Elevation Model (DEM)*, hidrograf, peta penggunaan lahan. Daerah tangkapan air polder Sunter Timur II sebesar 1,328 km². Hasil simulasi HEC-HMS didapat debit banjir rencana kala ulang 5, 10 dan 25 tahun yaitu sebesar 185 m³/dt, 208,7 m³/dt, 234,3 m³/dt. Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan luas daerah banjir dengan debit banjir kala ulang 5, 10 dan 25 tahun adalah 857,08 Ha, 885,62 Ha, 979,59 Ha.

Kata kunci: banjir, sistem polder, analisis hidrologi, HEC-HMS, HEC-RAS

Abstract

Flood in Jakarta cause damage and losses are the reason for flood analysis of the East Sunter II Polder presented in this paper. Downstream area of Jakarta is divided into 43 polder systems and one of them is East Sunter II Polder. This study aims to obtain the flood area of Polder East Sunter II plan. Hydrological analysis using HEC-HMS software and flood analysis using HEC-RAS (Ras Mapper). Input data used in modeling are Digital Elevation Model (DEM), hydrograph, land use map. Catchment area of the East Sunter II polder is 1,328 km². The result of HEC-HMS, for 5-, 10- and 25-year return period flood discharge is 185 m³/s, 208,7 m³/s, 234 m³/s. The results of HEC-RAS show that the flood area with 5, 10 and 25-year return period flood discharge is 857,08 Ha, 885,62 Ha, 979,59 Ha.

Keywords: flood, polder system, hydrology analysis, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Latar Belakang

Jakarta yang dikenal sebagai ibu kota Indonesia dan pusat kegiatan perekonomian nasional juga dikenal sebagai pasar banjir (Nasution *et al.*, 2022). Banjir sering terjadi di Jakarta ketika musim hujan menyebabkan kerugian yang sangat besar (Formánek *et al.*, 2013). Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi dan berulang sehingga mengganggu aktivitas sosial dan ekonomi. Bahaya ini menyebabkan banyak korban jiwa dan kerusakan parah pada sistem penghidupan, properti, infrastruktur, dan layanan utilitas. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah membangun polder sebagai upaya pencegahan kerusakan akibat banjir (Noviadriana *et al.*, 2020). Banjir terjadi karena pertumbuhan penduduk yang pesat, degradasi lahan, dan perubahan iklim, serta menyebabkan kerusakan yang

merugikan terhadap manusia dan harta benda (Desalegn and Mulu, 2021). Kepadatan di Kota Administrasi Jakarta Timur sebesar 3,04 juta jiwa penduduk ini menyebabkan semakin parahnya masalah banjir yang terjadi di Jakarta, seperti perubahan tata guna lahan menjadi lahan pemukiman, sampah, sedimentasi, berkurangnya kapasitas sungai dan saluran, sampai penyedotan air tanah yang berlebihan sehingga menyebabkan penurunan muka tanah (land subsidence). Penurunan muka tanah di DKI Jakarta dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain banyaknya bangunan yang menambah beban pada permukaan tanah, masih banyaknya masyarakat yang menggunakan air tanah sebagai sumber utama air bersih, dan struktur geologi yang didominasi oleh alluvial (Cyntia, 2018). Perubahan tata guna lahan merupakan proses dinamis dari aktivitas manusia yang tidak dapat dihindari. Hal ini akan mempengaruhi respon hidrologi suatu daerah yang berasosiasi dengan kecepatan urbanisasi yang mengubah sebagian besar kota, dan salah satu efek penting dari urbanisasi adalah intensifikasi respon DAS dan peningkatan arus puncak hidrograf meningkatkan resiko banjir selama musim hujan (Remondi, Burlando and Vollmer, 2016).

Sebagian besar wilayah rawan banjir di Jakarta adalah dataran banjir alami dan area tersebut berada pada dataran rendah di daerah pesisir Jakarta (Yatsrib *et al.*, 2021). Daerah tersebut diketahui telah lama mengalami banjir ditambah dengan penurunan muka tanah di Jakarta yang semakin parah dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta, selama tahun 2018 terdapat 70 daerah genangan yang terjadi di dalam sistem polder dengan ketinggian banjir antara 10 hingga 50 cm dan durasi banjir antara 30 menit hingga 1 jam.

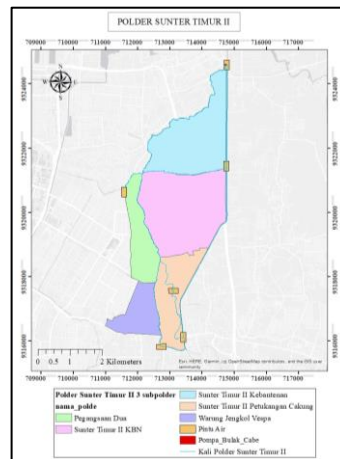
Metode pengendalian banjir untuk daerah dataran rendah umumnya mengandalkan tanggul, dengan stasiun pompa diposisikan di belakang tanggul untuk mengevakuasi air (Huang *et al.*, 2018). Sistem polder merupakan solusi banjir pada kawasan urban dimana elevasi muka tanah berada di bawah elevasi muka air dari badan air penerima. Sistem polder bisa menjadi solusi terhadap problem banjir/genangan di daerah rendah yang airnya tidak bisa dialirkan secara gravitasi ke sungai atau ke laut. Untuk dapat menjalankan fungsinya secara efektif, polder dilengkapi dengan sejumlah elemen: tanggul/dinding penahan limpasan air; sungai/kanal; waduk; saluran internal; dan pompa dengan/tanpa pintu air (Sari, Sutjningsih and Anggraheni, 2019). Pada polder Sunter Timur II sudah terdapat elemen-elemen sistem polder yaitu pompa, long storage yang berada di samping kali Cakung Drain, sistem drainase, dan tanggul, namun belum disemua subpolder terdapat elemen-elemen sistem polder. Tujuan dari studi ini adalah mendapatkan pemetaan genangan banjir dan luas daerah banjir rencana Polder Sunter Timur II.

2. Metode Penelitian

2.1 Wilayah Studi

Polder Sunter Timur II terdiri atas 5 (lima) Subpolder seperti pada gambar 1. Secara administrasi Sistem Polder Timur Sunter II masuk ke dalam 3 kelurahan dan 2 kecamatan yaitu Kelurahan Semper Timur, Kelurahan Suka Pura, di Kecamatan Cilincing, dan Kelurahan Pegangsaan Dua di Kecamatan Cakung yang berada di daerah Jakarta Utara Provinsi DKI Jakarta.

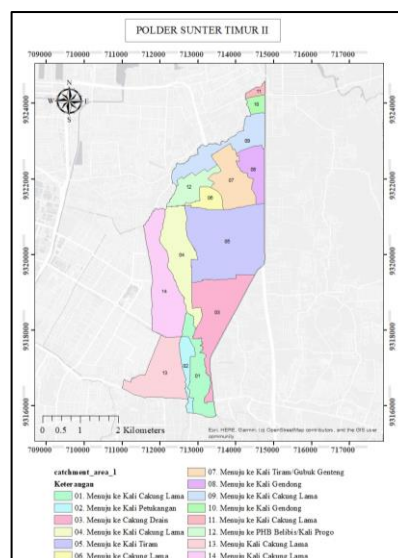
Total daerah tangkapan Polder Sunter Timur yaitu 1,328 km². Berikut ini adalah aliran eksisting pada Polder Sunter Timur II, gambar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Peta sistem polder Sunter Timur II

Tabel 1. Aliran eksisting pada polder sunter timur II

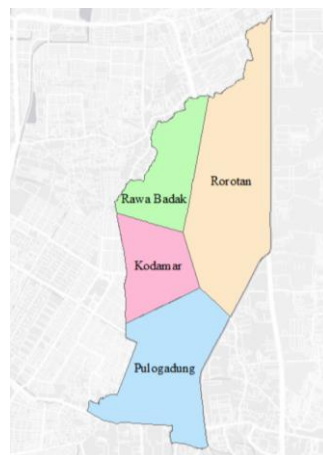
No. Subcatchment	Luas (Ha)	Keterangan
01	82,19	Menuju ke Kali Cakung Lama
02	36,93	Menuju ke Kali Petungkang
03	203,59	Menuju ke Cakung Drain
04	159,54	Menuju ke Kali Cakung Lama
05	363,03	Menuju ke Kali Tiram
06	36,62	Menuju ke PHB Belibis
07	126,29	Menuju ke Kali Tiram
08	71,17	Menuju ke Kali Gendong
09	127,70	Menuju ke Kali Cakung Lama
10	20,28	Menuju ke Kali Cakung Lama
11	11,16	Menuju ke Kali Cakung Lama
12	68,11	Menuju ke PHB Belibis
13	165,60	Menuju ke Kali Cakung Lama
14	203,48	Menuju ke Kali Cakung Lama



Gambar 2 Peta daerah tangkapan Polder Sunter Timur II

2.2 Hujan Rencana

Curah hujan rencana digunakan oleh para insinyur untuk menghitung resiko banjir dan infrastruktur pengendalian banjir (Johnson and Green, 2018). Jakarta mempunyai curah hujan merata yang tinggi pada tahun 2020 (Anta, Liestyo and Warnars, 2021). Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian dari stasiun hujan yang berpengaruh. Berdasarkan penentuan hujan kawasan dengan metode Poligon Thiessen seperti pada Gambar 3, maka stasiun hujan yang berpengaruh terhadap perhitungan hujan rencana di Polder Sunter Timur II adalah Stasiun Hujan Sunter I Kodamar, Rorotan, Pintu Air Pulo Gadung dan sunter III Rawa Badak.



Gambar 3 Pembagian daerah polygon Thiessen

Data hujan yang digunakan adalah hujan harian selama tahun 2011 sampai dengan 2021.

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum tahun 2011-2021

Tahun	Pintu Air Pulogadung	Sunter Timur I Kodamar	Sunter III Rawa Badak	Rorotan
2011	88	80	90	105
2012	89	70	64	95
2013	222	181	170	140
2014	177	114	163	179
2015	272	207	332	261
2016	150	126	126	135
2017	200	125	151	89
2018	135	120	180	103
2019	260	121	144	105
2020	260	165	118	289
2021	89	100	100	95

2.2.1 Uji Distribusi

Distribusi peluang kontinu adalah distribusi peluang untuk variabel berskala kontinu, dimana didefinisikan ruang sampel memiliki titik sampel yang tak berhingga banyaknya dan sama banyaknya dengan banyak titik pada sepotong garis. Data curah hujan merupakan salah satu contoh data peubah acak kontinu (Ruhiat, 2022). Terdapat beberapa bentuk fungsi distribusi kontinyu (teoritis) yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, yaitu:

a. Distribusi Normal

Distribusi Normal adalah distribusi kontinu yang paling sering digunakan dari semua distribusi yang ada (Amin, Izwan and Alazba, 2016). Dalam analisis hidrologi, distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan:

$$X_T = \bar{x} + K_T S \quad (1)$$

di mana:

- X_T : Hujan Rencana
- \bar{x} : Hujan maksimum rerata
- K_T : Faktor Frekuensi
- S : deviasi standar

b. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel telah menjadi model umum untuk mengukur risiko yang terkait dengan curah hujan ekstrem (Koutsoyiannis, 2004). Metode distribusi Gumbel menggunakan frekuensi empiris dimana dapat menghitung rancangan curah hujan pada tahun yang ditentukan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{x} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S \quad (2)$$

di mana:

- 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*

c. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III melibatkan logaritma dari nilai yang diukur. Rata-rata dan deviasi standar ditentukan menggunakan data yang ditransformasikan secara logaritmik (Elsebaie, 2012). Bentuk kumulatif dari Distribusi Log Pearson III dengan nilai variat X apabila digambarkan pada kertas probabilitas logaritmik akan membentuk persamaan garis lurus. Persamaan tersebut mempunyai bentuk berikut:

$$X_T = \overline{\log x} + K_T S_{\log x} \quad (3)$$

di mana:

- X_T : Hujan Rencana
- \bar{x} : Hujan maksimum rerata (dalam bentuk log)
- K_T : Faktor Frekuensi Log Pearson
- $S_{\log x}$: deviasi standar

2.2.2 Uji Konsistensi

Uji konsistensi dilakukan untuk menentukan jenis distribusi yang paling sesuai dengan data yang dimiliki. Berikut adalah jenis uji konsistensi yang akan digunakan.

a. Uji Chi Square

Dalam uji ini, dilakukan perbandingan antara nilai x^2 dan x^2_{kritis} . Syarat penerimaan distribusi yang digunakan adalah apabila $x^2 < x^2_{\text{kritis}}$. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan penerimaan uji Chi-Square:

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (4)$$

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (5)$$

di mana:

x^2 : nilai chi kuadrat terhitung

DK : derajat kebebasan

E_f : frekuensi yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f : Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n : jumlah sub kelompok dalam satu grup

K : banyaknya kelas

α : banyaknya keterikatan (parameter), untuk Chi Square senilai 2

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorov adalah uji yang umum digunakan untuk memeriksa kesesuaian data. salah satu kelebihan dari uji ini adalah uji ini relatif sederhana. Ide dasar dari uji normalitas Smirnov-Kolmogorov adalah membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal standar. Langkah-langkah yang dapat digunakan untuk uji Smirnov-Komogorov adalah:

- Mengurutkan data dari nilai maksimum ke minimum

- Menentukan probabilitas dari setiap data menggunakan rumus Weibull

$$P(x) = \frac{m}{n+1} x 100\% \quad (6)$$

di mana:

P : Peluang (%)

m : Data urut

n : jumlah data

- Membuat peringkat probabilitas dan menemukan perbedaannya antara nilai yang diperoleh dan nilai teoritis.

- Menentukan nilai Do sesuai dengan nilai Critical Do berdasarkan tabel nilai kritis Smirnov-Kolmogorov.

2.2.3 Banjir Rencana Metode SCS-CN

Menurut Nasjono (2018) Metode SCS-CN merupakan pendekatan empiris yang banyak digunakan untuk menghitung limpasan langsung dari kejadian curah hujan yang berasal dari daerah tangkapan air hujan (DAS) berupa lahan pertanian skala kecil, hutan, perkotaan, dan dari beberapa daerah tangkapan air. Metode SCS-CN memungkinkan penentuan respons limpasan langsung untuk setiap jenis tanah, tutupan lahan, dan kompleks pengelolaan lahan dengan cara yang sederhana namun efisien (Psomiadis, Soulis and Efthimiou, 2020). Metode *Soil Conservation Service* (SCS) dikembangkan untuk mencari nilai *Curve Number* (CN) untuk menentukan besar hujan efektif dari hujan lebat (Chow, Maidment and Mays, 1988), dalam bentuk persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (7)$$

di mana:

Pe : kedalaman hujan efektif (mm)

P : kedalaman hujan (mm)

S : retensi potensial maksimum air oleh tanah, yang sebagian besar adalah karena infiltrasi (mm).

Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8)$$

di mana CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti jenis tanah, tanaman penutup, tutupan lahan lahan, kelembaban dan metode pengolahan tanah.

2.3 HEC-HMS

Berdasarkan US Army Corps of Engineers (2022), *Hydrologic Modeling System* atau HEC-HMS didesain untuk menyimulasikan proses hidrologi pada daerah aliran sungai yang bercabang. HEC-HMS mampu melakukan analisis terhadap peristiwa hidrologi seperti infiltrasi, hidrograf satuan, dan *routing*. HEC-HMS sendiri memiliki beberapa metode yang dapat dipilih untuk menunjukkan *loss* dan *routing* pada simulasi. Model HEC-HMS digunakan oleh beberapa peneliti untuk memperkirakan potensi air di daerah aliran sungai melalui pemodelan curah hujan-limpasan (Ranjan and Singh, 2022).

Sebagai *input*, dibutuhkan data untuk *basin model*, *meteorologic model*, dan *control specifications*. Dalam hal ini, *basin model* merupakan representasi DAS ke dalam skematik. Sistem ini menyediakan berbagai metode untuk menghitung kehilangan di sub catchment dan mengubah curah hujan menjadi aliran (Kazezyilmaz-Alhan *et al.*, 2021). *Meteorologic model* merupakan input kondisi meteorologis seperti hujan dan lainnya. Sementara, *control specifications* merupakan pembatasan rentang waktu dimana simulasi akan dilakukan. Hasil akhir dari simulasi hidrologi yang didapatkan adalah berupa hidrograf banjir. Hidrograf tersusun dari dua komponen, yaitu aliran permukaan yang berasal dari aliran langsung air hujan, dan aliran dasar (*base flow*) (Al Amin, 2016). Dalam penelitian ini, hidrograf banjir dinyatakan sebagai hidrograf debit, yaitu kurva hubungan antara debit banjir terhadap waktu dan merupakan hidrograf limpasan langsung dari air hujan.

2.4 HEC-RAS (Ras Mapper)

Pemodelan hidrolis dapat menggunakan bantuan software yaitu *Hydrologic Engineering Center-River Analysis System* (HEC-RAS) yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC). Program HEC-RAS merupakan program pemodelan analisis aliran hidrolis di saluran/sungai. Menurut US Army Corps of Engineers (2016), pemodelan 2 Dimensi menggunakan Ras Mapper sebagai salah satu Alat GIS di mana outputnya mengawasi genangan dan kedalaman di dalam dan di sekitar aliran sungai. Model HEC-RAS dalam pemetaan banjir adalah alat yang cocok untuk manajemen risiko banjir dan sistem peringatan dini (Tamiru and Dinka, 2021). HEC-RAS merupakan perangkat lunak untuk pemodelan aliran permanen maupun tak permanen (*river analysis*) baik secara 1 dimensi (1D) maupun 2 dimensi (2D), analisis transport sedimen dan simulasi kualitas air. Simulasi 2D juga memberikan hasil yang lebih detail meliputi kedalaman aliran dan variasi kecepatan dari masing-masing *cross section* (Urzică *et al.*, 2021).

2.5 Analisis Hidrologi dan Analisis Peta Genangan

2.5.1 Analisis Hidrologi dengan HEC-HMS

Hasil Analisa hidrologi yang dilakukan sesuai dengan metode maka didapatkan curah hujan untuk berbagai kala ulang seperti pada Tabel 3.

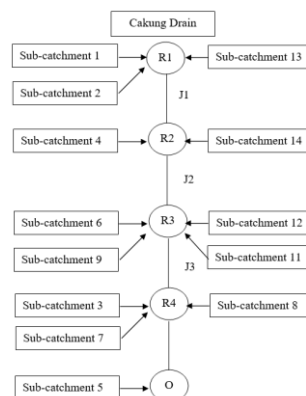
Tabel 3 Curah hujan berbagai kala ulang

Periode Ulang	Xt (mm)
1000	269,27
200	246,84
100	235,96
50	224,07
25	210,85
10	190,38
5	171,18
2	134,48

Input HEC-HMS pada *Meteorologic Models* menggunakan *frequency storm* pada kolom *precipitation*. Berikut ini tabel durasi dan tinggi hujan yang dimasukkan pada tabel *frequency storm*.

Tabel 4 Durasi dan tinggi hujan untuk kala ulang 5, 10 dan 25 tahun

Durasi	Tinggi Hujan (mm)		
	Periode 5 th	Periode 10 th	Periode 25 th
5 menit	42,80	47,60	52,71
15 menit	56,49	62,83	69,58
1 jam	85,59	95,19	105,43
2 jam	114,69	127,56	141,28
3 jam	128,39	142,79	158,14
6 jam	171,18	190,38	210,85



Gambar 4 Skema tata air pada sistem polder Sunter Timur II

Berdasarkan pemetaan sistem polder, catchment area Polder Sunter Timur II dibagi menjadi 14 *sub-catchment*. Pembagian *sub-catchment* dapat dilihat pada Gambar 3. Properti yang dibutuhkan dalam pemodelan debit banjir rencana dengan HEC-HMS dibagi menjadi dua yaitu properti *subbasin* dan properti *reach*. Properti *subbasin* yang dibutuhkan yaitu luas *sub-cathment*, nilai CN terbobot, dan persen *impervious cover* dapat dilihat pada Tabel 5. Properti *reach* yang dibutuhkan adalah

panjang *reach*, kemiringan (*slope*), lebar dan tinggi saluran, tipe saluran serta luas penampang basah dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 Properti *subbasin* yang dibutuhkan dalam pemodelan HEC-HMS

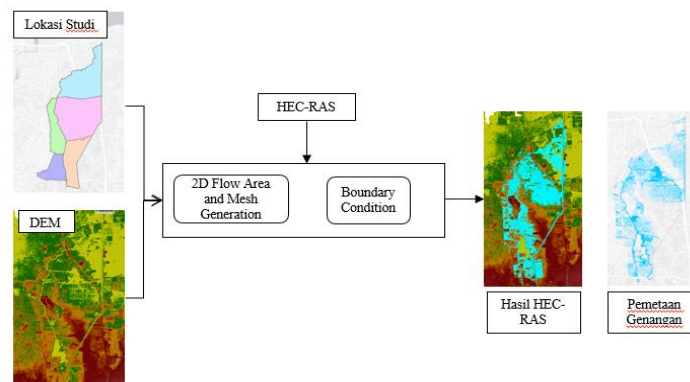
No	Sub-catchment	Luas Sub-catchment (ha)	Nilai CN Terbobot	Impervious Cover (%)
1	1	82,196	83,39	98,72
2	2	36,929	77,89	97,45
3	3	203,599	81,52	96,50
4	4	159,538	78,82	95,41
5	5	363,034	92,40	98,68
6	6	36,623	86,74	99,40
7	7	126,295	87,74	95,38
8	8	71,167	87,38	96,57
9	9	127,693	78,76	62,34
10	10	20,277	84,74	98,77
11	11	11,162	81,12	90,13
12	12	68,111	86,21	96,29
13	13	165,604	87,00	93,31
14	14	203,482	85,87	95,86

Tabel 6 Properti *reach* yang dibutuhkan dalam pemodelan HEC-HMS

Reach	Panjang Reach (m)	Slope	Tc (min)	Lag Time (min)	Reach penerima	Lebar Atas (m)	Lebar Bawah (m)	Tinggi (m)	Jenis Turap	n Manning	Tipe Saluran	A (m ²)
R 1	2777.3	0.0007	141.5	84.92	R4	8	6	4	batu kali	0.017	trapezoid	28
R 2	3060.9	0.0016	111.2	66.8	R5	12	10	3	batu kali	0.017	trapezoid	33
R 3	5421	0.0009	215.3	129.2	outlet	12	10	3	batu kali	0.017	trapezoid	33
R 4	4897.8	0.0002	355.9	213.5	outlet	5.2	5.2	3	sheetpile	0.018	rectangle	15.6

2.5.2 Analisis Peta Genangan dengan HEC-RAS (Ras Mapper)

Input data HEC-RAS berupa terrain yang berasal dari data DEM yang terdapat pada RAS Mapper ini akan menjadi lembar kerja geometri data. DEM yang digunakan pada penelitian ini yaitu Light Detection and Ranging (LiDAR). LiDAR adalah teknologi penginderaan jauh yang memungkinkan pengembangan model 3 dimensi aktual secara cepat dan akurat (Awadallah, Juárez and Alfredsen, 2022). Tingkat akurasi peta bahaya banjir dapat meningkat dengan menggunakan LiDAR dan HEC-RAS 2D (Stoleriu, Urzica and Mihu-Pintilie, 2020). DEM harus berkualitas baik agar dapat memanfaatkan data topografi secara akurat (Vashist and Singh, 2023).



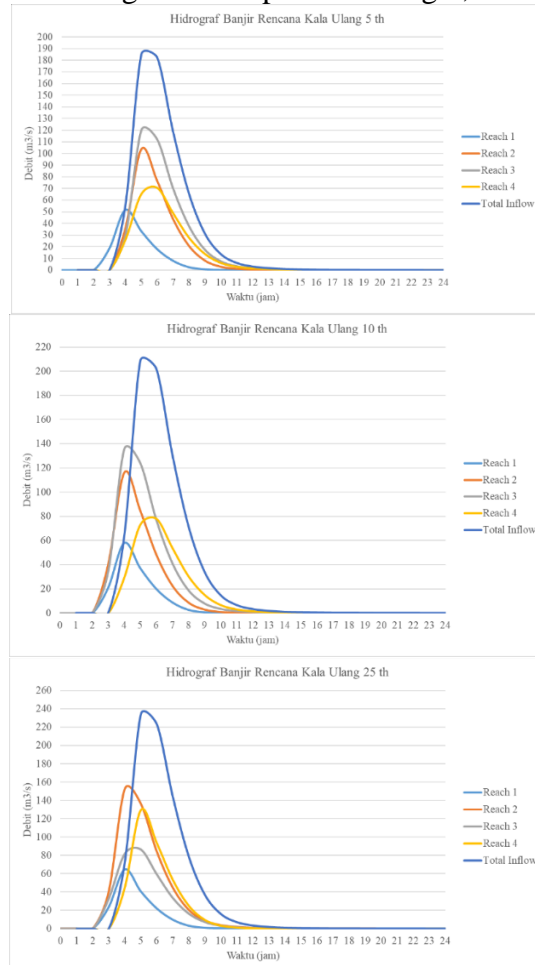
Gambar 5 Proses HEC-RAS 2D

Setelah *terrain* terbentuk, selanjutnya membuat *geometry*, memasukkan parameter *boundary condition* pada *tool unsteady flow data* yaitu berupa hidrograf banjir hasil simulasi HEC-HMS. Tahap terakhir input pada HEC-RAS yaitu pada *tool plan*, untuk melakukan simulasi HEC-RAS 2D.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Simulasi Hidrograf Banjir Menggunakan HEC-HMS

Setelah semua komponen pada HEC-HMS diidentifikasi, maka dilakukan *running* untuk mendapatkan hidrograf banjir pada masing-masing periode ulang. Berikut ini adalah hasil hidrograf untuk periode ulang 5, 10 dan 25 tahun.



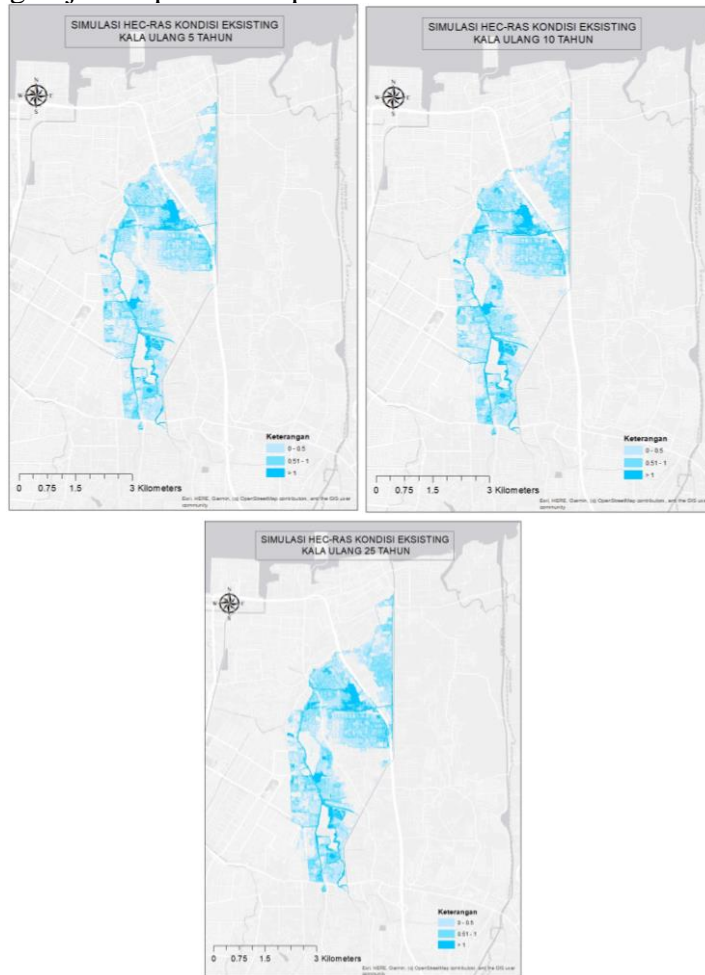
Gambar 6 Grafik hidrograf periode ulang 5, 10 dan 25 tahun

Hidrograf banjir rencana di plot pada *reach 1* hingga *reach 5* dan *total inflow* dengan total waktu 24 jam. Hasil simulasi HEC-HMS pada *total inflow* didapatkan puncak banjir untuk periode ulang 5 tahun sebesar $185 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 10 tahun sebesar $208,7 \text{ m}^3/\text{det}$, periode ulang 25 tahun sebesar $234,3 \text{ m}^3/\text{det}$.

3.2 Hasil Simulasi HEC-RAS (Ras Mapper)

Hasil simulasi HEC-RAS (Ras Mapper) menunjukkan adanya daerah genangan banjir untuk kala ulang 5, 10 dan 25 tahun. Dari hasil simulasi HEC-RAS (Ras Mapper) dapat dicari luas genangan dengan menggunakan bantuan *software*

ArcGIS. Model Hidrolik HEC-RAS yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menghasilkan keluaran berupa analisis aliran unsteady dua dimensi untuk menentukan daerah rawan banjir (Azimah, et al, 2019). Dengan bantuan software ArcGIS juga dapat diketahui luas genangan berdasarkan peruntukan lahannya. Hasil simulasi HEC-RAS dapat dilihat pada gambar 7. Luas genangan yang terjadi dapat dilihat pada tabel 7 dan 8.



Gambar 7 Peta daerah genangan banjir untuk kala ulang 5, 10 dan 25 tahun

Tabel 7 Luas genangan berdasarkan peruntukan lahan

Peruntukan	Luas Genangan (Ha)								
	T 5			T 10			T 25		
	0 - 0.5 m	0.51 - 1 m	> 1 m	0 - 0.5 m	0.51 - 1 m	> 1 m	0 - 0.5 m	0.51 - 1 m	> 1 m
Badan Air	3.66	8.48	13.77	2.35	9.14	14.47	1.61	9.21	15.19
Industri	82.14	42.76	8.70	83.58	46.87	10.71	85.81	50.90	12.90
jalan atau sungai	24.99	20.49	15.84	25.36	22.14	16.57	25.54	24.09	17.26
Lahan Kosong	38.70	30.12	23.40	36.80	33.27	24.95	35.51	36.30	26.53
Parkir, Terminal	118.73	63.02	18.28	117.67	73.30	20.91	114.30	85.16	23.56
Pemukiman	145.82	56.21	12.85	148.33	66.11	14.43	149.54	77.76	16.27
Pendidikan	7.53	1.73	0.09	7.85	2.15	0.12	8.12	2.61	0.16
RTH	37.44	12.28	2.98	37.53	14.20	3.40	37.54	16.43	3.91
Sawah	17.87	11.86	0.24	13.89	16.18	0.28	10.30	20.11	0.37
Total	476.88	246.95	96.15	473.35	283.36	105.86	468.27	322.57	116.16

Tabel 8 Luas genangan

No	Tinggi Genangan (m)	Luas (ha)		
		Q 5 tahun	Q 10 tahun	Q 25 tahun
1	0 – 0,5	476,88	473,35	468,27
2	0,51 – 1	246,95	283,36	322,57
3	> 1	96,15	105,86	116,16
	Total	819,98	862,57	907,00

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Analisis banjir pada Polder Sunter Timur II dilakukan dengan simulasi HEC-RAS Ras Mapper untuk mendapatkan tinggi dan luas genangan. Dengan menggunakan DEM LiDAR diharapkan mendapat hasil simulasi yang akurat. Hasil HEC-RAS tersebut di ubah menjadi *polygon* di ArcGIS untuk mendapatkan luas genangan berdasarkan tinggi genangan yang direncanakan. Dengan *software* ArcGIS juga bisa didapatkan luas genangan yang terjadi untuk masing-masing peruntukan lahan seperti pada tabel 8. Luas genangan pada masing-masing peruntukan lahan berguna untuk studi lebih lanjut mengenai peta bahaya banjir serta menghitung dampak ekonomi akibat banjir. Rekapitulasi luas genangan untuk kala ulang 5, 10 dan 15 tahun yaitu 819,98 Ha, 862,57 Ha, dan 907,00 Ha.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai evaluasi kelayakan sistem drainase di Polder Sunter Timur II, sehingga dapat mengetahui kapasitas tampungan eksisting. Mengetahui kapasitas tampungan eksisting dalam sebuah sistem polder dapat membantu besar tampungan yang direncanakan, serta kapasitas pompa pengendali banjir yang akan digunakan. Perlu ada data debit hasil pengukuran saluran/kali di Polder Sunter Timur II untuk mengkalibrasi debit banjir rencana hasil pemodelan.

Daftar Kepustakaan

- Al Amin, M.B. (2016) ‘Analisis Genangan Banjir di Kawasan Sekitar Kolam Retensi dan Rencana Pengendaliannya, Studi Kasus: Kolam Retensi Siti Khadijah Palembang’, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 27(2), p. 69. Available at: <https://doi.org/10.5614/jrcp.2016.27.2.1>.
- Amin, M.T., Izwan, M. and Alazba, A.A. (2016) ‘A best-fit probability distribution for the estimation of rainfall in northern regions of Pakistan’, *Open Life Sciences*, 11(1), pp. 432–440. Available at: <https://doi.org/10.1515/biol-2016-0057>.
- Anta, V.L.P., Liesty, I.A. and Warnars, H.L.H.S. (2021) ‘Mobile Application for flood disaster in Jakarta’, in *Proceedings - International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems, ICAIS 2021*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 506–510. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9395799>.

- Awadallah, M.O.M., Juárez, A. and Alfredsen, K. (2022) 'Comparison between Topographic and Bathymetric LiDAR Terrain Models in Flood Inundation Estimations', *Remote Sensing*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/rs14010227>.
- Chow, V. Te, Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988) *Applied hydrology (letters)*, *Applied Hydrology*.
- Cyntia (2018) *Analisis Penurunan Muka Tanah DKI Jakarta Dengan Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DINSAR)*, *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*.
- Desalegn, H. and Mulu, A. (2021) 'Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia', *Scientific African*, 12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>.
- Elsebaie, I.H. (2012) 'Developing rainfall intensity–duration–frequency relationship for two regions in Saudi Arabia', *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 24(2), pp. 131–140. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2011.06.001>.
- Formánek, A. *et al.* (2013) 'Two-dimensional model of ciliwung river flood in DKI Jakarta for development of the regional flood index map', *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 45 B(3), pp. 307–325. Available at: <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2013.45.3.7>.
- Huang, C.W. *et al.* (2018) 'Optimal design of interception for flood control: An integrated simulation approach', *Journal of Hydro-Environment Research*, 19, pp. 103–116. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jher.2018.02.001>.
- Johnson, F. and Green, J. (2018) 'A comprehensive continent-wide regionalisation investigation for daily design rainfall', *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 16, pp. 67–79. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.03.001>.
- Kazezyilmaz-Alhan, C.M. *et al.* (2021) 'A hydrological model for ayamama watershed in Istanbul, Turkey, using HEC-HMS', *Water Practice and Technology*, 16(1). Available at: <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.108>.
- Koutsoyiannis, D. (2004) 'Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation', *Hydrological Sciences Journal*, 49(4), pp. 575–590. Available at: <https://doi.org/10.1623/hysj.49.4.575.54430>.
- Nasjono, J.K. (2018) 'Keandalan Metode Soil Curve Conservation Services-Curve Number untuk Perhitungan Debit Puncak pada DAS Manikin', *Jurnal Teknik Sipil*, VII(2).
- Nasution, B.I. *et al.* (2022) 'Urban vulnerability to floods investigation in jakarta, Indonesia: A hybrid optimized fuzzy spatial clustering and news media analysis approach', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103407>.
- Noviadriana, D. *et al.* (2020) 'Indicators of Index for Polder Services use Partial Least Square and Personal Component Analysis Method', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012028>.
- Psomiadis, E., Soulis, K.X. and Efthimiou, N. (2020) 'Using SCS-CN and earth observation for the comparative assessment of the hydrological effect of gradual and abrupt spatiotemporal land cover changes', *Water (Switzerland)*, 12(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/W12051386>.

- Ranjan, S. and Singh, V. (2022) 'HEC-HMS based rainfall-runoff model for Punpun river basin', *Water Practice and Technology*, 17(5), pp. 986–1001. Available at: <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.033>.
- Remondi, F., Burlando, P. and Vollmer, D. (2016) 'Exploring the hydrological impact of increasing urbanisation on a tropical river catchment of the metropolitan Jakarta, Indonesia', *Sustainable Cities and Society*, 20, pp. 210–221. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.10.001>.
- Ruhiat, D. (2022) 'Implementasi Distribusi Peluang Gumbel Untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana', *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 7(1), p. 213. Available at: <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7137>.
- Sari, V., Sutjningsih, D. and Anggraheni, E. (2019) 'Effectiveness of Muara Angke Polder System in North Jakarta', *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* [Preprint].
- Stoleriu, C.C., Urzica, A. and Miha-Pintilie, A. (2020) 'Improving flood risk map accuracy using high-density LiDAR data and the HEC-RAS river analysis system: A case study from north-eastern Romania', *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1). Available at: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12572>.
- Tamiru, H. and Dinka, M.O. (2021) 'Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation mapping in lower Baro Akobo River Basin, Ethiopia', *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100855>.
- Urzică, A. *et al.* (2021) 'Using 2D HEC-RAS modeling and embankment dam break scenario for assessing the flood control capacity of a multireservoir system (Ne Romania)', *Water (Switzerland)*, 13(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/w13010057>.
- US Army Corps of Engineers (2016) 'HEC-RAS, River Analysis System, HEC-RAS Mapper User's Manual'.
- US Army Corps of Engineers (2022) *HEC-HMS* <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>.
- Vashist, K. and Singh, K.K. (2023) 'HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: a case study of the Krishna River Basin', *Water Practice and Technology*, 18(4). Available at: <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.048>.
- Yatsrib, M. *et al.* (2021) 'Assessment of flood risk reduction in DKI Jakarta: Cengkareng Sub-district', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/737/1/012026>.