

Analisis Penerapan Kolam Retensi Sebagai Upaya Penanganan Banjir dengan Model 2-Dimensi

The Analysis of Retention Pond as Flood Management Practices with 2-Dimensional Model

Daniel Martua^{1,a)}, Dwita Sutjiningsih^{1,3)}, Evi Anggraheni^{1,3)} & Nurul Hamid^{2,3)}

¹⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Indonesia

²⁾Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane, Kementerian PUPR

³⁾Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia Cabang Jakarta

Koresponden : ^{a)}danielmartua10@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Cipinang merupakan salah satu sungai yang mengalir pada wilayah Provinsi DKI Jakarta. Hampir setiap tahunnya Sungai Cipinang mengalami banjir dan luapan dari banjir tersebut menggenangi beberapa wilayah di DAS Cipinang. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis terhadap genangan banjir yang terjadi pada wilayah studi baik dari segi luas dan dampak yang diberikan terhadap masyarakat dalam DAS Cipinang. Banjir yang terjadi pada DAS Cipinang disebabkan oleh kondisi DAS Cipinang yang telah mengalami perubahan dari tahun ke tahun serta kondisi dari Sungai Cipinang yang sudah tidak dapat melalukan debit hasil dari hujan dengan periode ulang yang sesuai dengan desain rencana dari Sungai Cipinang yaitu 50 tahunan. Luas genangan yang muncul akibat hujan tersebut kurang lebih 9% dari luas keseluruhan DAS. Untuk melakukan pemetaan genangan digunakan bantuan aplikasi Arc-GIS sebagai aplikasi analisis spasial, HEC-HMS sebagai aplikasi analisis hidrologi yang akan menghasilkan hidrograf banjir, dan HEC-RAS sebagai aplikasi analisis hidrolika yang akan menyimulasikan aliran serta menghasilkan peta genangan banjir 2-Dimensi. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terkait salah satu upaya penanganan banjir pada DAS Cipinang berupa pembangunan kolam retensi berjumlah 16 buah kolam yang dapat menurunkan luas genangan yang terjadi sebesar 6% serta mengurangi kedalaman sebesar 20 cm dan durasi debit puncak yang terjadi.

Kata Kunci : Banjir, Permodelan Banjir, Kolam Retensi, DAS Cipinang

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu kejadian yang rutin terjadi di Jakarta. Perubahan tata guna lahan, kondisi topografi dan lokasi Jakarta yang merupakan muara dari 13 sungai merupakan faktor-faktor penyebab banjir. Sungai Cipinang merupakan salah satu dari 13 sungai tersebut yang melintasi beberapa wilayah Kotamadya Jakarta Timur. Dengan hulu sungai berada di Situ Jatijajar dan bermuara di Teluk Jakarta.

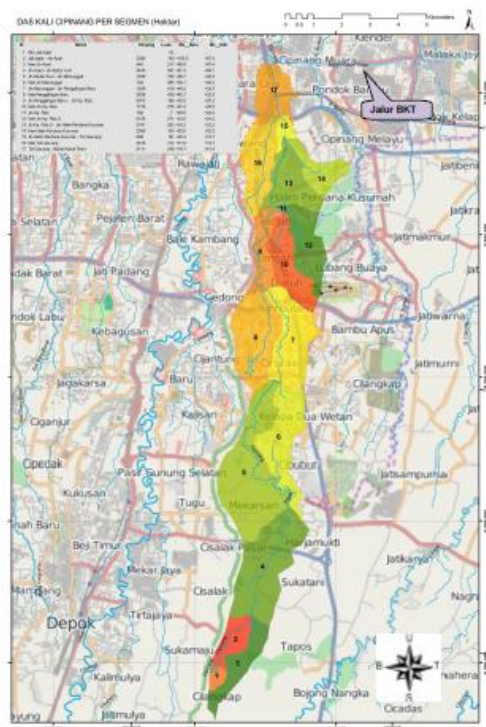
Pada studi terdahulu yang digunakan oleh BBWS Ciliwung-Cisadane tercatat bahwa pada tahun 1989 tata guna lahan DAS Cipinang didominasi oleh perumahan, tanah kosong, sawah, kebun, dan ladang dengan terdapat sedikit pusat bisnis dan perbelanjaan serta semak belukar. Pada tahun 2002 terjadi peningkatan luas perumahan, pusat bisnis dan perbelanjaan, sementara daerah resapan air semakin berkurang. Akibatnya, jumlah aliran permukaan yang berasal dari hujan yang tidak mampu lagi diresapkan ataupun diteruskan ke laut dan mengakibatkan munculnya genangan banjir pada DAS Cipinang.

Pemprov DKI Jakarta dan BBWS Ciliwung Cisadane sudah melakukan beberapa upaya yaitu melakukan normalisasi pada Sungai Cipinang, membangun tanggul di sepanjang sungai, dan membangun kolam retensi. Terdapat 16 kolam retensi yang direncanakan dan/atau sudah dibangun dalam wilayah DAS Cipinang. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pembangunan 16 buah kolam retensi terhadap luas genangan banjir yang terjadi pada DAS Cipinang.

METODA PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi penelitian yang ditinjau dalam penelitian ini berada di dalam Daerah Airan Sungai Cipinang. Berikut merupakan peta dari Daerah Aliran Sungai Cipinang berdasarkan BBWS Ciliwung-Cisadane:



Gambar 1. Peta DAS Cipinang (BBWS Ciliwung-Cisadane)

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung besaran dari hujan wilayah dengan menggunakan metode poligon thiessen serta menghitung besar hujan rencana dari lokasi studi dengan menggunakan metode gumbell. Untuk melakukan perhitungan tersebut, digunakan data dari beberapa stasiun hujan di sekitar DAS Cipinang.

Data hujan rencana yang didapatkan, akan digunakan dalam simulasi menggunakan program HEC-HMS. HEC-HMS merupakan program yang dibuat oleh USACE untuk diterapkan dalam suatu batasan area geografis yang sangat luas sebagai alat bantu menyelesaikan permasalahan hidrologi. HEC-HMS akan melakukan simulasi terhadap kejadian hujan menjadi aliran dan akan menghasilkan hidrograf.

Program HEC-HMS ini menggunakan metode SCS-CN dalam melakukan analisis debit yang diasumsikan dapat menggambarkan kondisi hidrologi pada DAS. Dengan persamaan sebagai berikut (Chow, 1988):

$$S = 25.4 \frac{100}{(CN-10)} \quad \dots(1)$$

Dimana :

S = Volume total simpanan permukaan (mm)
CN = Nilai *Curve Number*

Berkaitan dengan penerapan kolam retensi yang membutuhkan penelusuran banjir pada suatu sistem waduk juga dilakukan oleh HEC-HMS. Berdasarkan USBR (2017) metode penelusuran banjir menggunakan pendekatan selisih antara *inflow* dan juga *outflow* pada tampungan untuk rentang waktu tertentu dengan persamaan berikut:

$$\Delta S = Q_i \Delta t - Q_o \Delta t \quad \dots(2)$$

Dimana :

ΔS = Akumulasi tampungan selama Δt (m^3)
 Q_i = Debit *inflow* rata-rata selama Δt (m^3/s)
 Q_o = Debit *outflow* rata-rata selama Δt (m^3/s)
 Δt = Selang waktu (s)

Besar *inflow* sebagai fungsi waktu digambarkan dengan kurva IDF. Besar *outflow* adalah besaran debit yang dapat dikeluarkan oleh pelimpah tampungan berdasarkan kurva tampungan-elevasi dari tampungan yang ada. Sedangkan, besar tampungan dari kolam ditentukan berdasarkan fungsi volume tampungan berbanding dengan kurva elevasi. (USBR, 1987)

Output yang dihasilkan oleh HEC-HMS merupakan hidrograf dengan durasi simulasi selama 24 jam dengan interval pembacaan setiap 1 jam. Hidrograf ini akan digunakan sebagai dasar analisis dan dasar untuk melakukan pemodelan lanjutan.

Analisis Hidrolika dan Analisis Genangan Banjir

Data yang didapatkan dari analisis hidrologi pada bagian sebelumnya digunakan untuk melakukan analisis hidrolika dengan menggunakan program HEC-RAS. HEC-RAS merupakan program buatan USACE yang berguna dalam melakukan pemodelan aliran yang terjadi di sungai. Dalam penelitian ini pemodelan genangan banjir dilakukan dengan menggunakan fitur HEC-RAS 2D.

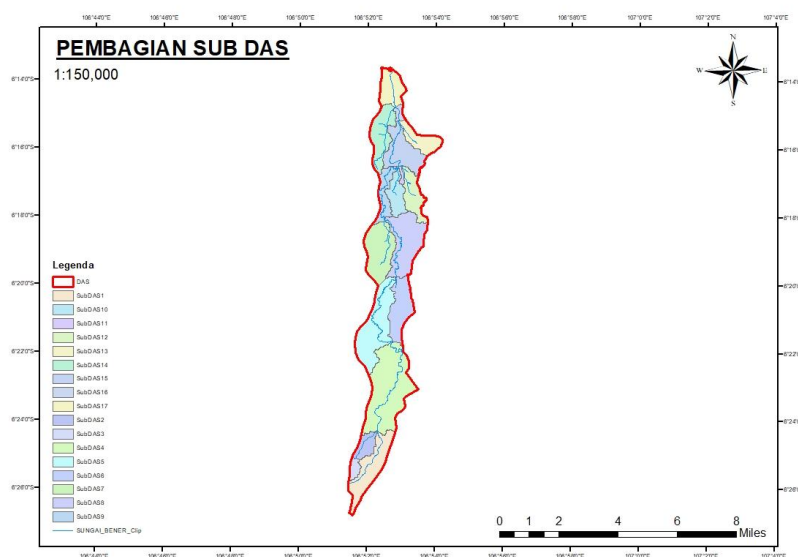
Prinsip yang digunakan dalam aplikasi tersebut adalah skema solusi *finite volume*. Dalam skema *finite volume* digunakan 3 buah persamaan dasar yaitu persamaan kekekalan massa, kekekalan momentum, dan penetapan kondisi batas.

Peta genangan banjir yang dihasilkan melalui simulasi program HEC-RAS akan digunakan oleh penulis sebagai acuan dalam menganalisis genangan yang terjadi serta digunakan sebagai dasar memberikan rekomendasi oleh penulis terkait permasalahan banjir yang terjadi.

ANALISIS PENELITIAN

Analisis Properti DAS Cipinang Eksisting

Analisis dalam penelitian ini diawali dengan melakukan delineasi DAS Cipinang berdasarkan peta DEM dengan sumber dari USGS dan diolah menggunakan bantuan ArcGIS. Dikarenakan DAS Cipinang secara umum terletak pada daerah perkotaan maka dalam melakukan delineasi terhadap batas das perlu memerhatikan kondisi jalan serta obyek lain sebagai acuan garis batas DAS. Setelah mendapatkan batas dari DAS Cipinang, dilakukan juga delineasi Sub-DAS dengan prosedur yang sama. Delineasi tersebut menghasilkan peta sebagai berikut:



Gambar 2. Pembagian Sub-DAS Cipinang

Dari pembagian Sub-DAS tersebut dapat dilakukan analisis lanjutan guna mendapatkan properti dari masing-masing Sub-DAS, properti dari setiap Sub-DAS tersebut disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Properti DAS Cipinang

| Nama DAS | Luas DAS (ha) | Panjang Sungai (m) | Kemiringan | Waktu Konsentrasi (menit) | Lag Time (menit) |
|-----------------|----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Sub DAS1 | 398 | 3874 | 0.41% | 93.36 | 56.01 |
| Sub DAS2 | 121 | 2033 | 0.54% | 51.21 | 30.73 |
| Sub DAS3 | 56 | 96 | 1.04% | 3.79 | 2.28 |
| Sub DAS4 | 889 | 7495 | 0.37% | 161.29 | 96.77 |
| Sub DAS5 | 585 | 6832 | 0.20% | 189.25 | 113.55 |
| Sub DAS6 | 320 | 537 | 0.56% | 18.15 | 10.89 |
| Sub DAS7 | 427 | 2843 | 0.21% | 95.26 | 57.16 |
| Sub DAS8 | 503 | 5172 | 0.15% | 170.21 | 102.13 |
| Sub DAS9 | 178 | 5277 | 0.15% | 174.21 | 104.53 |
| Sub DAS10 | 175 | 1776 | 0.11% | 84.45 | 50.67 |
| Sub DAS11 | 21 | 201 | 0.50% | 8.9 | 5.34 |
| Sub DAS12 | 229 | 2453 | 0.20% | 86.18 | 51.71 |
| Sub DAS13 | 193 | 1624 | 0.37% | 49.89 | 29.94 |
| Sub DAS14 | 316 | 4046 | 0.25% | 117.63 | 70.58 |
| Sub DAS15 | 346 | 3804 | 0.21% | 119.37 | 71.62 |
| Sub DAS16 | 36 | 897 | 0.22% | 38.37 | 23.02 |
| Sub DAS17 | 226 | 2446 | 0.08% | 122.23 | 73.34 |

Dari properti tersebut dapat dilihat bahwa secara umum DAS Cipinang merupakan daerah datar yang memiliki kemiringan untuk setiap Sub-DAS berkisar antara 0,08% - 1,04%. Kelandaian ini membuat limpasan air yang mengalir pada Sungai Cipinang untuk setiap Sub DAS membutuhkan waktu yang lama untuk mengalir dari bagian hulu ke hilir.

Analisis Hujan Rencana

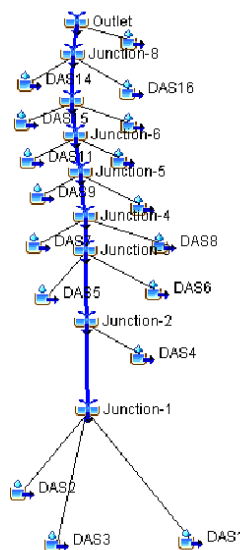
Analisis curah hujan rencana menggunakan data curah hujan maksimum harian dalam satu tahun. Berdasarkan poligon Thiessen yang dibuat terdapat tiga stasiun hujan yang memengaruhi DAS Cipinang yaitu Stasiun Hujan Cawang (luas pengaruh 51.3%), Stasiun Hujan Cibinong (luas pengaruh 6.4%), dan Stasiun Hujan FTUI (luas pengaruh 42.4%). Seluruh stasiun tersebut memiliki rentang data dari tahun 2008 – 2019. Analisis distribusi Gumbell dilakukan untuk mengetahui besar hujan rencana untuk periode ulang 5, 25, 50, dan 100 tahun seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Hujan Rencana Metode Gumbell DAS Cipinang

| T | Y_{tr} | S_x | Y_n | S_n | K | X (mm) |
|-----|----------|-------|-------|-------|------|--------|
| 5 | 1.5 | 19.47 | 0.504 | 0.983 | 1.01 | 135.27 |
| 25 | 3.2 | 19.47 | 0.504 | 0.983 | 2.74 | 168.89 |
| 50 | 3.9 | 19.47 | 0.504 | 0.983 | 3.46 | 182.82 |
| 100 | 4.6 | 19.47 | 0.504 | 0.983 | 4.17 | 196.64 |

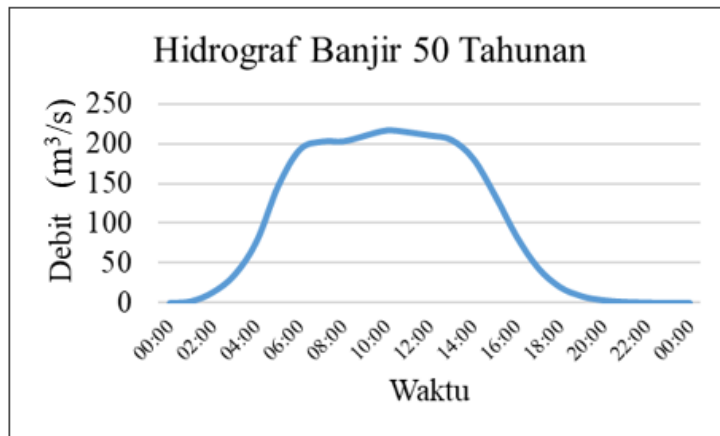
Analisis Debit Banjir DAS Cipinang Kondisi Eksisting

Analisis hidrologi untuk menghitung debit dari DAS Cipinang menggunakan aplikasi HEC-HMS. Pada simulasi ini, sesuai dengan pembagian sub-DAS dan properti dari DAS pada kondisi eksisting menghasilkan skematik DAS Cipinang sebelum penerapan kolam retensi sebagai berikut :



Gambar 3. Skematik DAS Cipinang Eksisting

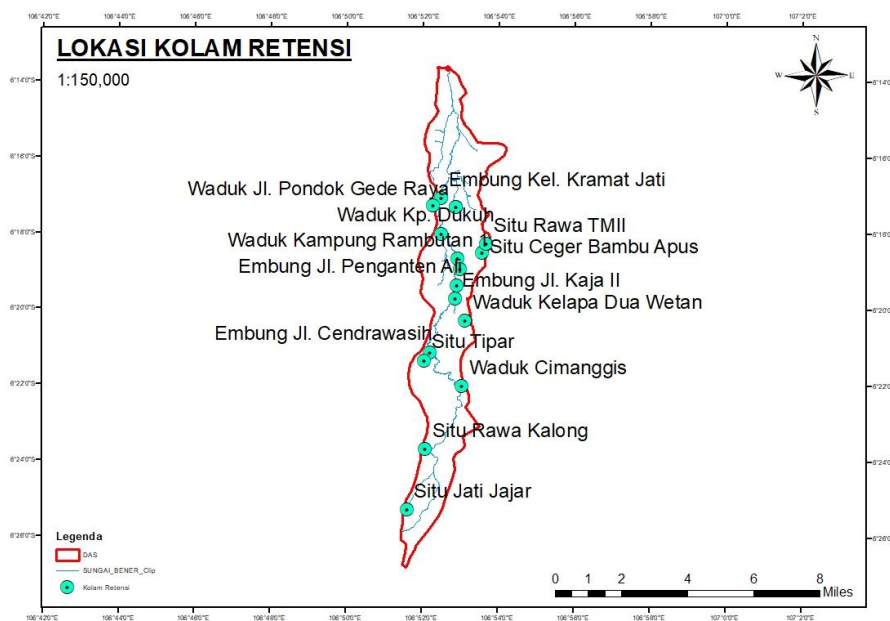
Dari skematik tersebut, dilakukan simulasi pada HEC-HMS dengan periode ulang 50 tahunan yang merupakan desain rencana dari Sungai Cipinang. Simulasi dilakukan dalam kurun waktu 24 jam dengan interval pembacaan debit tiap 1 jam. Hasil simulasi sebelum adanya kolam retensi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Hidrograf Banjir 50 Tahunan Eksisting

Analisis Debit Banjir DAS Cipinang dengan Kolam Retensi

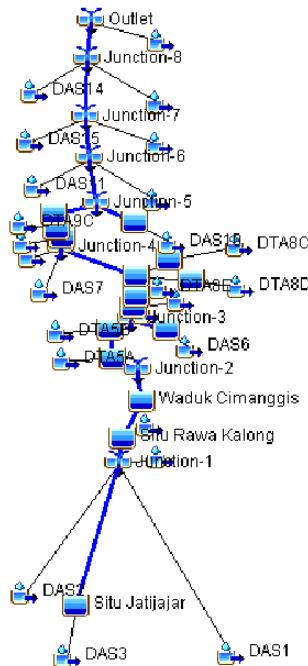
Kolam retensi berperan sebagai penampung air ketika debit maksimum dari sungai datang, kemudian secara perlahan-lahan akan mengalirkannya Kembali ketika debit di sungai sudah kembali normal. Berikut merupakan peta lokasi kolam retensi :



Gambar 5. Lokasi Kolam Retensi DAS Cipinang

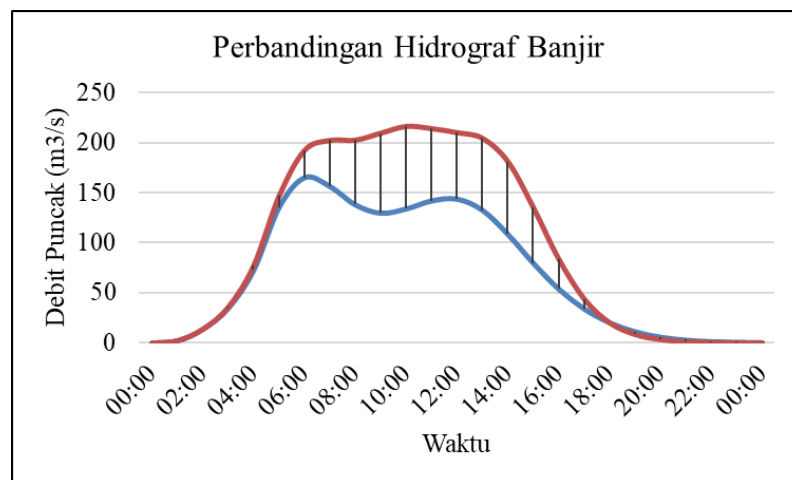
Kolam retensi yang dipetakan dalam peta tersebut merupakan kolam retensi yang sudah ada dan juga akan direncanakan dibangun oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Kurang lebih terdapat 16 buah kolam retensi yang tersebar dari daerah hulu sampai dengan hilir DAS Cipinang.

Untuk memasukkan data ke dalam HEC-HMS dengan kolam retensi, perlu membagi Sub-DAS yang ada menjadi beberapa Daerah Tangkapan Air (DTA) berdasarkan lokasi penempatan kolam retensi yang ada. Sub-DAS yang dibagi menjadi beberapa DTA merupakan Sub-DAS 4, Sub-DAS 5, Sub-DAS 8, dan Sub-DAS 9. Pembagian tersebut menghasilkan skematik berikut :



Gambar 6. Skematik DAS Cipinang dengan Kolam Retensi

Dari skematik tersebut, dilakukan simulasi pada HEC-HMS dengan menggunakan periode ulang 50 tahunan. Simulasi tersebut dilakukan dalam kurun waktu 24 jam dengan interval pembacaan debit tiap 1 jam. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan hidrograf pada kondisi eksisting sebagai berikut :



Gambar 7. Perbandingan Hdrogaf Banjir dengan Kolam Retensi

Garis berwarna merah menunjukkan kondisi eksisting dan garis berwarna biru menunjukkan kondisi setelah diterapkan kolam retensi. Dapat dilihat bahwa akibat dari pengaplikasian kolam retensi mengalami penurunan debit puncak, dalam hidrograf tersebut terdapat dua puncak banjir yang diakibatkan adanya air yang keluar dari kolam retensi setelah kondisi debit dalam aliran sungai sudah mulai menurun.

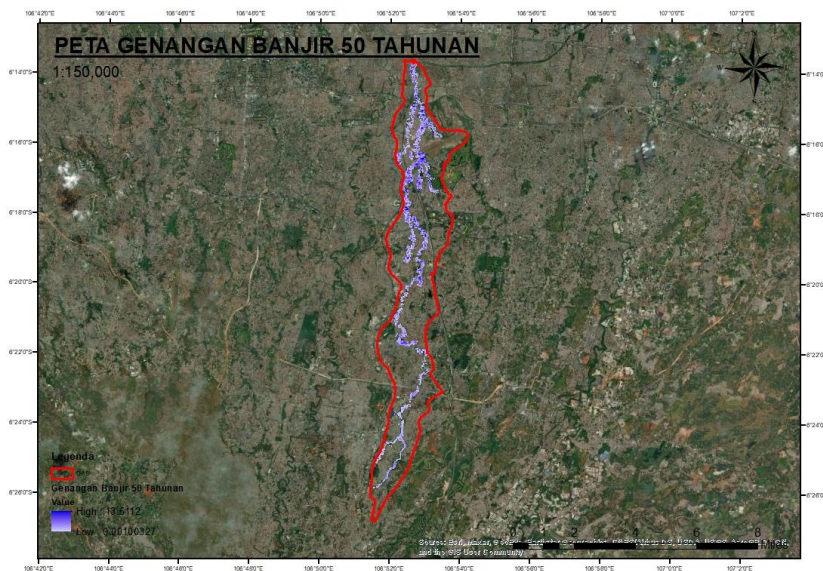
Analisis Genangan DAS Cipinang

Pemetaan genangan dilakukan dengan menggunakan ArcMap dan HEC-RAS. HEC-RAS berfungsi untuk menampilkan peta eksisting selagi menggambarkan sungai, sehingga

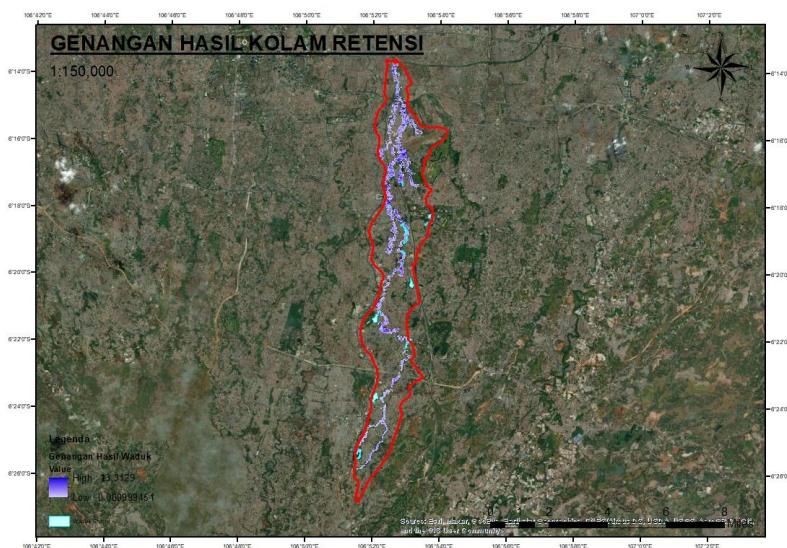
kondisi eksisting sungai dapat dibuat semirip mungkin dengan keadaan aslinya dan menjalankan simulasi banjir berdasarkan kondisi eksisting sungai yang sudah terlebih dahulu dimodelkan.

Dalam menjalankan simulasi banjir, terlebih dahulu harus mengisi nilai Koefisien Manning saluran sebesar 0.012 yang merupakan saluran beton. Lalu dilakukan penentuan jenis aliran yang akan digunakan untuk mengestimasi tinggi muka air banjir yaitu aliran *steady* dan dilakukan pengisian nilai debit dengan periode ulang 50 tahunan dan 50 tahunan dengan penerapan waduk. Lalu dilakukan penentuan *reach boundary condition*, yaitu untuk bagian hulu dan hilir diisi *critical depth* maka secara otomatis HEC-RAS akan menghitung kedalaman kritis untuk setiap profil dan menggunakannya sebagai kondisi batas. *Critical depth* merupakan kondisi batas pada saluran yang berujung di suatu reservoir atau sungai yang muka airnya berada di bawah kedalaman kritis saluran.

Setelah menjalankan simulasi banjir, hasilnya dipindahkan untuk dibuka pada ArcMap dan dipetakan pada aplikasi tersebut. Kondisi genangan yang berhasil dipetakan adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Peta Genangan Banjir Eksisting



Gambar 9. Peta Genangan Banjir dengan Kolam Retensi

Gambar tersebut menunjukkan peta genangan yang diakibatkan oleh hujan dengan periode ulang 50 tahunan tanpa dan dengan pengaplikasian kolam retensi pada DAS Cipinang. Dari genangan tersebut dilakukan perbandingan terhadap luas genangan pada kedua kondisi tersebut untuk setiap kecamatannya :

Tabel 2. Analisis Luas Genangan

| Kecamatan | Luas Genangan Eksisting (m ²) | Luas Genangan Setelah Rekomendasi (m ²) | Perubahan Luas Genangan |
|-------------|---|---|-------------------------|
| Tapos | 502398 | 493125 | 2% |
| Pasar Rebo | 29769 | 29283 | 2% |
| Makasar | 1802030 | 1698015 | 6% |
| Kramat Jati | 558047 | 527907 | 5% |
| Jatinegara | 179314 | 160116 | 11% |
| Ciracas | 1300536 | 1180210 | 9% |
| Cimanggis | 320548 | 313228 | 2% |

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penerapan kolam retensi berdampak positif terhadap berkurangnya luas genangan yang terjadi. Jika dilihat luas genangan secara umum tanpa memperhatikan kecamatan yang ada, untuk periode ulang 50 tahunan sebelum adanya kolam retensi terjadi genangan dengan luas 4692642 m² turun menjadi 4401884 m² setelah diaplikasikan kolam retensi atau terjadi penurunan 6% terhadap luas genangan.

Penurunan luas genangan tersebut disebabkan karena terjadinya perubahan debit yang terjadi akibat adanya pengaplikasian waduk. Durasi banjir puncak pun mengalami perubahan akibat adanya pengaplikasian kolam retensi.

KESIMPULAN

1. Banjir yang terjadi dalam DAS Cipinang terjadi akibat terus berubahnya tutupan lahan menjadi tutupan lahan kedap air mengakibatkan meningkatnya debit yang lalu pada Sungai Cipinang.
2. Luas genangan banjir yang terjadi dalam DAS Cipinang adalah 469 ha (9% dari luas DAS) untuk periode ulang 50 tahunan.
3. Pembangunan kolam retensi mampu mengurangi genangan banjir yang terjadi secara umum sampai dengan 6% dan masih terdapat genangan yang terjadi.
4. Perlunya dilakukan studi lebih lanjut terkait potensi normalisasi berupa pelebaran sungai dan pengurugan sungai yang dapat dilakukan dalam Sungai Cipinang guna menangani genangan banjir yang masih terjadi.
5. Perlunya disegerakan penyelesaian pembangunan kolam retensi berupa embung, situ, dan waduk yang belum selesai dibangun di dalam DAS Cipinang.
6. Perlunya dilakukan pengelolaan hujan secara terpadu dengan menerapkan teknologi low impact development yang dapat secara efektif menurunkan debit banjir pada spektrum hujan rendah. (Azkarini, 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azkarini, L., Anggraheni, E., dan Sutjiningsih D., (2019). *The influence of low impact development-best management practices implementation on surface runoff*

- reduction: A case study in Universitas Indonesia catchment area. MATEC Web of Conference 276, 04007.*
- [2] BBWS Ciliwung-Cisadene (2014). *Laporan Akhir Review Desain Pengendalian Banjir Sungai Cipinang*. Jakarta.
- [3] Chow, V. T. (1956). “Hydrologic Studies of Floods in the United State”. *Int. Ass. Scientific Hydrol.*, 42, 134-170.
- [4] Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- [5] Hydrologic Engineering Center. (2010). *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, January 2010*. Army Corps of Engineers. Davis: U. S.
- [6] Hydrologic Engineering Center. (2010). *HEC-RAS River Analysis System, Applications Guide, Version 4.1, January 2010*. Army Corps of Engineers. Davis: U. S.
- [7] Hydrologic Engineering Center. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual 2000*. Army Corps of Engineers. Davis: U. S.
- [8] Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [9] United States. (1987). *Design of small dams*. U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Reclamation. Washington, D.C.