



# EFEKTIVITAS KOLAM RETENSI UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI RUAS JALAN DR. MOH. HATTA SUKAMANAH KOTA TASIKMALAYA

PENGGI IRAWAN\*, IMAN HANDIMAN, NOVIA KOMALA SARI, FARDHA AWALIA NURRAHMA, HERIANTO, JUNAEDI SETIAWAN, ASEP KURNIA HIDAYAT

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Jawa Barat.  
Corresponding author: ✉ irawan@unsil.ac.id*

Naskah diterima: 31 Januari 2024. Disetujui: 18 Februari 2024. Diterbitkan: 30 Juli 2024

## ABSTRAK

Banjir menjadi permasalahan yang sering terjadi ketika musim hujan. Banjir juga terjadi di Kota Tasikmalaya yaitu di Jalan Dr. Moh Hatta Sukamanah Kecamatan Cipedes Kota Tasikmalaya. Banjir tersebut disebabkan oleh *overflow* dari saluran sekunder Daerah Irigasi (DI) Citanduy, yaitu saluran Cisalim. Saluran yang harusnya berfungsi sebagai saluran irigasi juga harus menampung limpasan air hujan serta buangan limbah rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi *overflow* saluran Cisalim dengan membuat 2 (dua) kolam retensi dan diuji efektivitasnya dalam menurunkan banjir. Data curah hujan didapatkan dari Pos Curah Hujan (PCH) di sekita lokasi, hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen, kemudian dilakukan analisis frekuensi hingga dihasilkan intensitas hujan rencana, yaitu Periode Ulang Hujan (PUH) 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun. Daerah Tangkapan Air (DTA) dimodelkan dengan membuat *streamflow* pada *software Geographic Information System* (GIS). Parameter DTA seperti nilai luas, kemiringan lahan, koefisien limpasan, kekasaran permukaan lahan, panjang lintasan air disesuaikan dengan kondisi lahan. Data saluran didapatkan dari pengukuran langsung ke lapangan menggunakan alat ukur Theodolit. Data parameter DTA dan saluran kemudian diinputkan ke *software Environment Protection Agency Storm Water Management Model* (EPA SWMM) untuk disimulasikan. Simulasi menggunakan 2 (dua) skenario, yaitu kondisi saluran eksisting dan membuat kolam retensi di hulu saluran yang *overflow*. Hasil analisis terdapat 50 DTA dalam sistem saluran Cisalim. Intensitas hujan selama 24 jam dengan PUH 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun secara berturut-turut adalah 152 mm, 193 mm, 216 mm, dan 242 mm, kemudian intensitas hujan tsb disimulasikan dengan durasi 6 jam. Hasil simulasi menunjukkan saluran cukup aman pada PUH 2 tahun, sementara pada PUH 5 sampai 25 tahun menunjukkan *overflow* pada saluran Con 9 dan Con 10. Kapasitas saluran tersebut sebesar 8.7 m<sup>3</sup>/det, sedangkan debit pada PUH 5, 10, dan 25 tahun sebesar 9.7 m<sup>3</sup>/det (111% dari kapasitas), 10.9 m<sup>3</sup>/det (124% dari kapasitas), dan 12.2 m<sup>3</sup>/det (139% dari kapasitas). Simulasi dengan penambahan kolam retensi ukuran 9255 m<sup>2</sup> dan 6422 m<sup>2</sup> dengan kedalaman kolam 2 m, mampu mereduksi debit puncak banjir. Hasil simulasi pada saluran Con. 10 kolam retensi mampu mereduksi banjir dari 139 % menjadi 56%, sedangkan pada saluran Cisalim sebesar 59% menggunakan PUH 25 tahun. Sebagai upaya kemanan agar tidak terjadi *overtopping*, masing – masing kolam retensi lengkapi dengan pompa

**Kata kunci** : Banjir, Drainase, EPA SWMM 5.1, Kolam Retensi, *Weir*.

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk mempengaruhi pembangunan ekonomi dan membutuhkan lahan untuk pemukiman, industri, infrastruktur dan jasa (Munibah et al., 2009). Peningkatan populasi dan jumlah rumah tangga di daerah perkotaan mengakibatkan ketersediaan lahan semakin terbatas (Makarauw, 2012). Pemenuhan kebutuhan lahan dapat dilakukan dengan alih fungsi lahan eksisting. Alih fungsi lahan adalah proses penggunaan sebagian atau seluruh luas lahan dari fungsi semula menjadi fungsi lain, dan alih fungsi lahan ini bersifat dinamis dan perubahannya mengarah pada pertumbuhan penduduk.

Fenomena alih fungsi lahan pertanian khususnya sawah yang terus menjadi ancaman serius bagi ketahanan pangan nasional, termasuk di Kota Tasikmalaya. Laju konversinya terus meningkat, hal menunjukkan bahwa ini konversi penggunaan lahan sawah terus terjadi dari sawah ke perumahan (Sudrajat et al., 2021).

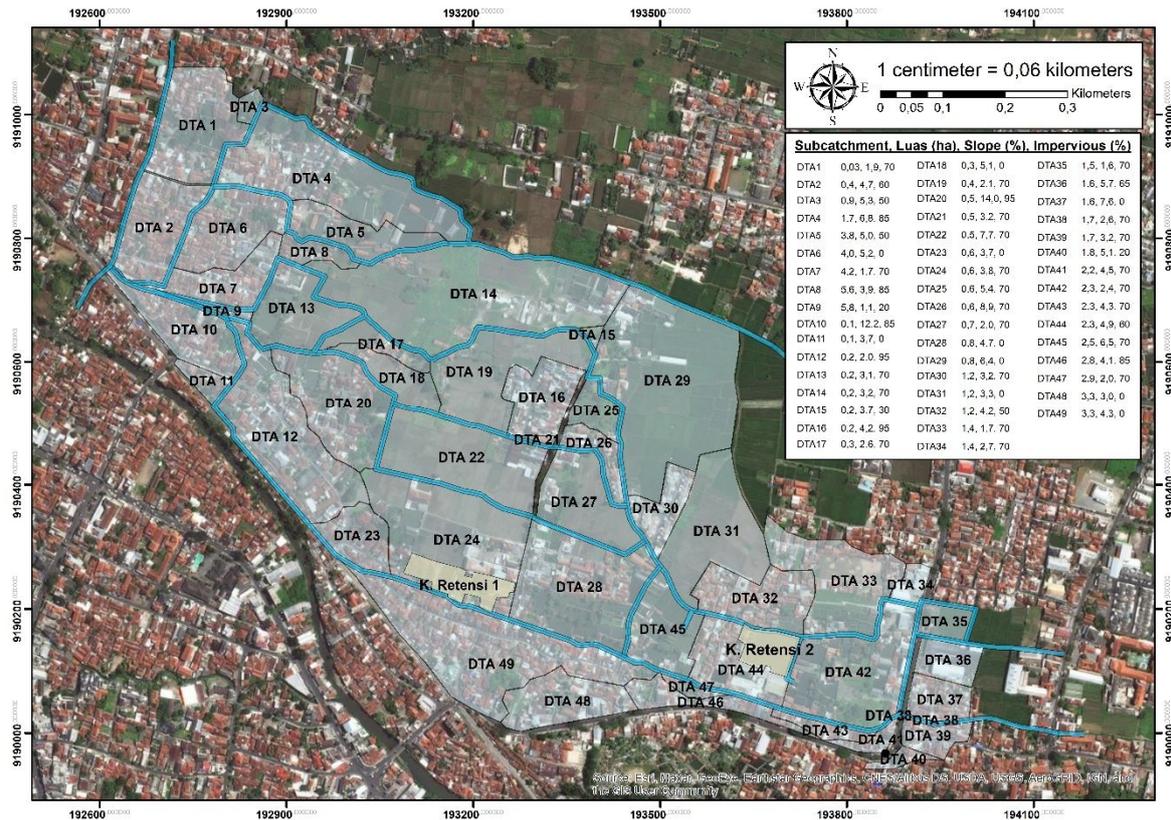
Kota Tasikmalaya mengalami kemajuan fisik yang cukup pesat. Hal ini disebabkan oleh konektivitas dan infrastruktur transportasi yang cukup baik. Pemenuhan kebutuhan lahan pemukiman di Kota Tasikmalaya semakin meningkat dari tahun ke tahun, terbukti dengan alih fungsi lahan non hunian menjadi lahan pemukiman (Bidang Pemukiman, 2016). Kota Tasikmalaya merupakan kota yang perkembangannya sangat pesat, namun masih memiliki banyak tuntutan permasalahan. Salah satunya memiliki permasalahan pada saluran drainase. Permasalahan yang timbul yaitu adanya beberapa titik ruas jalan kota tersebut terjadi banjir (Lindawati et al., 2021). Kota Tasikmalaya terdapat lebih dari 30 titik rawan genangan air saat hujan.

Jalan Dr. Moh Hatta di Kelurahan Sukamanah, Kecamatan Cipedes, Kota Tasikmalaya merupakan salah satu tempat yang terjadi banjir. Banjir diakibatkan oleh *overflow* saluran sekunder dari DI Citanduy yaitu saluran Cisalim. Selain berfungsi sebagai saluran irigasi, saluran tersebut berfungsi sebagai saluran drainase, baik untuk drainase air hujan maupun limbah rumah tangga. Saluran Cisalim yang awalnya memberikan air ke sawah, saat ini berfungsi sebagai penerima beban air dari drainase lahan sawah yang berubah menjadi pemukiman. Banjir adalah suatu peristiwa dimana suatu daerah atau tempat tergenang air karena melebihi daya dukung suatu saluran (Prmono & Saputro, 2020). Sistem Drainase berperan penting dalam perencanaan saluran suatu kawasan pemukiman. Drainase adalah sarana pelengkap dari tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, seperti air hujan, lindi, atau kelebihan air irigasi dari daerah dan tanah yang masih asli (Suripin, 2004). Penelitian ini bertujuan mensimulasikan sistem drainase penyebab banjir di Jalan Moh. Hatta yaitu saluran Cisalim dan upaya penanganannya dengan membuat kolam retensi. Simulasi dilakukan dalam perangkat lunak EPA SWMM.

## 2. METODA PENELITIAN

### 2.1. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Jalan Dr. Moh. Hatta Kelurahan Sukamanah, Kecamatan Cipedes, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat. Titik *outlet* yang dipantau terletak di koordinat terletak pada  $108.227289^{\circ}$  BT dan  $7.319702^{\circ}$ LS. Terdapat 50 DTA yang memberikan limpasan ke saluran Cisalim di Jalan Dr. Moh Hatta. Pengelompokan DTA tersebut berdasarkan analisis *streamflow* (aliran *runoff*) (Golden et al., 2016), selain itu, juga dilakukan observasi batas fisik di lapangan. Luas DTA total sebesar 75 ha. Detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian, Daerah Tangkapan Air (DTA), Luas DTA dan Parameter DTA, dan Lokasi Saluran yang *Overflow* (Con 9 dan Con 10)

## 2.2. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini mencakup kondisi eksisting lahan dan jaringan drainase, dan elevasi saluran. Data sekunder yang digunakan adalah data *Digital Elevation Model* (DEM) yang bersumber dari DEMNAS, data curah hujan harian maksimum, dan peta jaringan saluran Irigasi Citanduy yang merupakan sumber air dari Saluran Cisalim.

## 2.3. ANALISIS DATA

### 2.3.1. Daerah Tangkapan Air (DTA)

Daerah tangkapan air ditentukan berdasarkan peta topografi dan arah limpasan, yang disebut aliran sungai, dan batas-batasnya dibentuk oleh pegunungan atau dataran tinggi. DTA dapat disesuaikan dengan kondisi fisik lapangan dan kondisi drainase yang ada (Lindawati et al., 2021). Batas DTA pada penelitian ini dianalisis menggunakan software GIS sehingga mudah untuk mendapatkan batas DTA tsb.

### 2.3.2. Hujan dan Hujan Rancangan

Data curah hujan masing-masing PCH dilakukan uji konsistensi data. Metode yang digunakan untuk menguji konsistensi data meliputi metode massa kurva ganda dan *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) (Hidayat et al., 2021). Pada penelitian ini, uji konsistensi data hujan maksimum dilakukan dengan metode Masa Kurva Ganda. Setelah data konsisten dan

didapatkan hujan wilayah, dilakukan analisa frekuensi dengan metode distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson Tipe III, dan distribusi Gumbel (Zevri, 2019). Persamaan Distribusi Normal adalah sbb:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_{TDEV} \quad (1)$$

Dimana  $X_T$  adalah curah hujan maksimum pada kala ulang  $T$  (mm),  $\bar{X}$  adalah rata-rata curah hujan maksimum (mm),  $K_T$  adalah faktor reduksi Gauss, dan  $S_{TDEV}$  adalah standar devias dari data curah hujan. Distribusi sebaran Log Normal dan Log Pearson Tipe III dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T \cdot S_{TDEV} \quad (2)$$

Dimana parameter pada sebaran Log Normal dan Log Pearson Tipe III sama dengan sebaran Normal. Persamaan dasar tersebut juga hampir sama dengan Persamaan metode Gumbel, adapun persamaan Metode Gumbel sbb:

$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_{Tr} - Y_n)}{S_n} \cdot S_{TDEV} \quad (3)$$

$$Y_{tr} = -\ln\left(\ln\frac{T_r}{T_r - 1}\right)$$

Parameter  $Y_T$  adalah faktor Ln dari  $Tr$ ,  $Y_n$  adalah *reduce mean factor*,  $S_n$  adalah *reduce standard deviation*, dan  $Tr$  adalah periode ulang tahun.

Curah hujan wilayah merupakan curah hujan rencana yang dianalisis dengan menggunakan dataPCH di sekitar DAS. Curah hujan daerah tangkapan air dapat dianalisis menggunakan beberapa metode, antara lain cara aritmatika, poligon Thiessen, isohyet, dan hujan titik (Irawan et al., 2020). Pada penelitian ini hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen, adapun persamaan poligon Thiessen sbb:

$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (4)$$

Dimana  $\bar{P}$  adalah hujan wilayah (mm),  $P$  adalah curah hujan yang terukur masing-masing PCH (mm), dan  $A$  adalah luas daerah pengaruh PCH (km<sup>2</sup>). terdapat 4 PCH yang berada di sekitar lokasi penelitian, yaitu PCH Cumulu, Cigede, Lanud, dan Sadananya. Curah hujan pada PCH tersebut terdapat data hujan dengan rentang data 11 tahun.

### 2.3.3. Uji Sebaran Distribusi

Tes ini memeriksa apakah distribusi yang diberikan cocok untuk kumpulan data yang ada. *Good of fit* dari dataset yang diamati dinilai dengan menghitung parameter statistik. Afinitas pengambilan sampel dari distribusi probabilitas teoretis yang diharapkan dievaluasi, hipotesis awal diterapkan dan ditolak ketika tes yang diamati melebihi beberapa tingkat signifikansi kritis. Uji distribusi menggunakan uji chi-square dan uji Kolmogorov-Smirnov pada tingkat signifikansi 0.05 (Samantaray & Sahoo, 2020). Uji Chi Kuadrat dituliskan sbb:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (5)$$

Dimana  $\chi^2$  adalah Parameter Chi-Kuadrat;  $n$  adalah jumlah sub kelompok;  $O_f$  adalah jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $f$ ; dan  $E_f$  adalah jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $f$ . Sedangkan uji Smirnov Kolmogorov dilakukan dengan mengurutkan data curah hujan maksimum dari kecil ke besar atau sebaliknya, adapun persamaan tersebut sbb:

$$P(x) = \frac{n+1}{m}; \quad \Delta P_i = P(x_i) - P'(x_i) \quad (6)$$

Dimana  $P$  adalah peluan empiris masing-masing data;  $m$  adalah banyak data;  $n$  adalah nomor urut data; dan  $\Delta P$  adalah selisih antara peluang empiris.

#### 2.3.4. Intensitas Hujan

Intensitas hujan jam-jaman dihitung menggunakan Metode Mononobe karena ketersediaan data berupa data hujan harian (Khoiri et al., 2022). Hasil perhitungan intensitas curah hujan berupa kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF). Kurva IDF tersebut digunakan untuk membuat desain *hyetograph* curah hujan dengan menggunakan *Alternating Block Method* (ABM) atau Metode Mononobe (Fransiska et al., 2020). Input data di atas karena curah hujan rancangan untuk EPA SWMM menggunakan rangkaian data jam-jaman.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (7)$$

Dimana  $I$  adalah intensitas hujan jam-jaman (mm/waktu),  $R_{24}$  adalah curah hujan rencana (mm)  $t$  adalah durasi waktu hujan jam-jaman (jam). Metode ABM membagi *hyetograf* hujan pertambahan hujan diurutkan kembali dalam rangkaian waktu dengan persentase kedalaman hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak balik pada kanan dan kiri blok dari tengah. Persamaannya metode ABM adalah sbb:

$$P = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3} \cdot T_d \quad (8)$$

$$I_t = \frac{T_d}{P}$$

Dimana  $I_t$  adalah intensitas hujan (mm/jam),  $T_d$  adalah lamanya hujan (jam), dan  $P$  adalah kedalaman hujan (mm). Pada penelitian ini digunakan intensitas hujan metode mononobe.

#### 2.3.5. Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan upaya konservasi untuk mengatasi permasalahan banjir perkotaan. Kolam retensi membantu menahan sementara volume banjir yang dapat menggenangi permukiman (Syofyan, 2022). Kolam retensi diharapkan dapat menampung limpasan permukaan sebelum dialirkan ke sistem drainase (Khoiri et al., 2022). Selain itu dalam penerapannya, kolam retensi dapat digunakan untuk memotong puncak banjir dan mengendalikan puncak banjir di hilir. Aplikasi kolam Retensi adalah konsep drainase yang ramah lingkungan dimana limpasan berlebih di suatu area disimpan di suatu tempat sehingga

memiliki cukup waktu untuk meresap ke bawah tanah daripada dibuang langsung ke sungai (Prmono & Saputro, 2020). Kolam retensi adalah metode struktural pengendalian banjir yang dirancang untuk menyimpan limpasan sementara dari saluran sehingga puncak banjir dapat dikurangi (Alia et al., 2019). Kolam retensi dibangun tidak hanya untuk mengatasi banjir, tetapi juga untuk menghemat air (Harmani & Soemantoro, 2017). Kapasitas tampung kolam retensi dianalisis berdasarkan kemungkinan debit banjir rencana tahunan, volume tampungan, dan kapasitas *spillway*. Selisih antara kapasitas *spillway* dengan debit banjir rencana periode ulang merupakan debit bak penampung (Zevri, 2019).

### 2.3.6. *Spillway* dan Pompa

*Spillway* adalah salah satu elemen kunci yang mengontrol aliran air hilir dari bendungan. Fungsi utamanya adalah membuang kelebihan air dari waduk dan kolam (Nugroho et al., 2022). Outlet rencana kolam pengendali banjir menggunakan mercu tipe ogee sehingga *outflow* kolam diambil dari persamaan tersebut. Selain itu, kolam retensi dipandang sebagai sistem polder. Salah satu upaya penanggulangan banjir di kota-kota besar adalah sistem polder. Sistem tersebut merupakan sistem yang terintegrasi, meliputi sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, dan pompa dan/atau pintu air (Yudianto & Roy, 2019). Persamaan *spillway* adalah sbb:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (9)$$

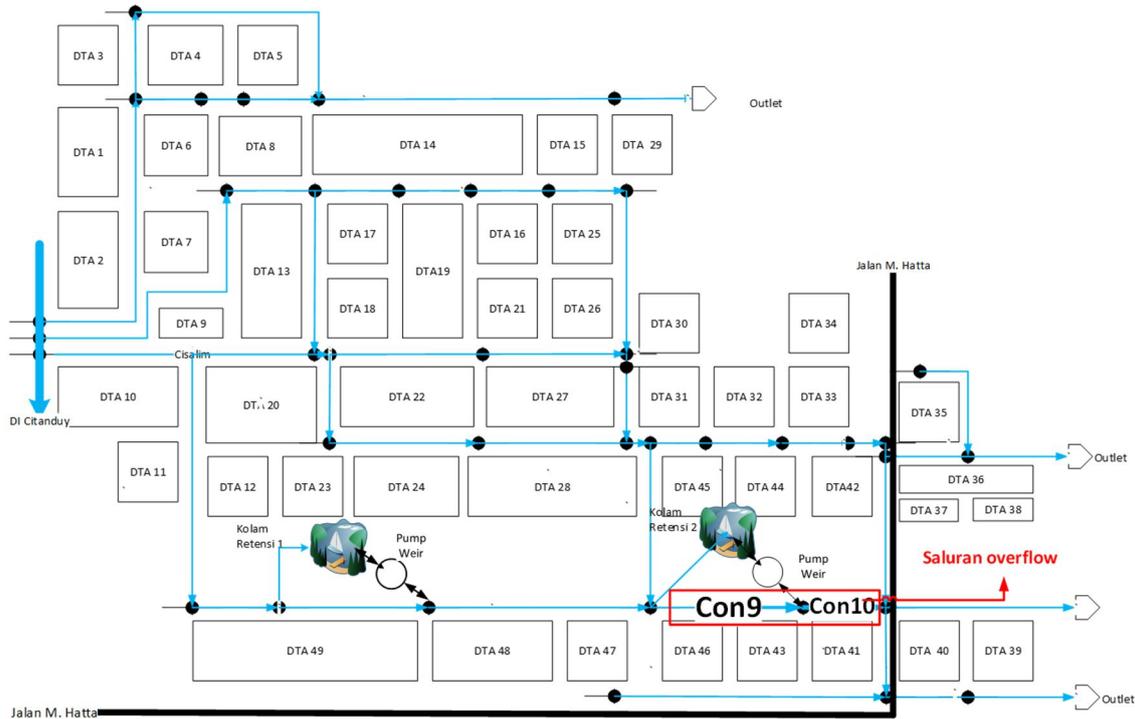
Dimana Q adalah debit yang mengalir di *spillway* (m<sup>3</sup>/detik), L adalah lebar mercu (m), dan H adalah tinggi muka air di hulu mercu (m).

### 2.3.7. Analisis Hidraulika

Analisa hidrolika terdiri dari dua perhitungan yaitu menghitung kapasitas saluran untuk mengetahui apakah saluran eksisting mampu menampung debit eksisting dengan aman atau luapan, dan perbandingan debit eksisting dengan desain debit banjir untuk mengetahui apakah kapasitas saluran eksisting mampu mengalirkan debit desain (Kartawijaya et al., 2021). Secara umum debit di saluran dirumuskan sbb:

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (10)$$

Dimana Q adalah debit saluran (m<sup>3</sup>/detik), A luas basah (m<sup>2</sup>), R adalah jari-jari hidrolis (m), n adalah koefisien kekasaran saluran, dan S adalah kemiringan dasar saluran.



**Gambar 2.** Skema Saluran Cisalim dan Skenario Simulasi (Con 9 dan Con 10 Merupakan Saluran yang *Overflow* dan untuk Diturunkan Hidrografnya)

### 2.3.8. Skenario dan Simulasi

Lokasi penelitian disederhanakan dengan membuat skema jaringan drainase dan DTA. Terdapat 50 DTA yang disimulasikan. Karakteristik DTA disesuaikan dengan kondisi eksisting di lapangan. Jaringan drainase juga disesuaikan dengan kondisi lapangan. Jaringan drainase merupakan jaringan irigasi Cisalim yang mempunyai debit awal masing-masing saluran adalah  $0.5 \text{ m}^3/\text{detik}$ , debit tersebut didapatkan dari hasil pengukuran debit di lapangan. Dimensi saluran tersebut adalah  $2 \times 2 \text{ m}$ , kemiringan dasar saluran adalah Berdasarkan hasil analisis, kapasitas debit saluran di titik Con 9 dan Con 10 adalah  $8.7 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Saluran Sekunder Cisalim dibuatkan 2 (dua) kolam retensi untuk menampung kelebihan debit. *Input* ke kolam retensi dengan menggunakan bangunan bagi yang dipasang pada saluran Cisalim. Outlet kolam retensi dibuatkan 2 model, yaitu dengan menggunakan *spillway* dan pompa. Dimensi kolam menyesuaikan kondisi kebutuhan debit *inflow* dan ketersediaan lahan. Skenario hujan rancangan adalah 2, 5, 10, dan 25 periode ulang hujan. Dimensi kolam disesuaikan dengan volume debit yang tidak tertampung di saluran drainase, *outflow* kolam retensi menggunakan *spillway* dan pompa, disimulasikan sehingga didapatkan kondisi yang paling efektif untuk diterapkan di lapangan. Skenario simulasi dan skema jaringan Saluran Cisalim disajikan pada Gambar 2, saluran yang diamati adalah saluran con 9 dan con 10.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

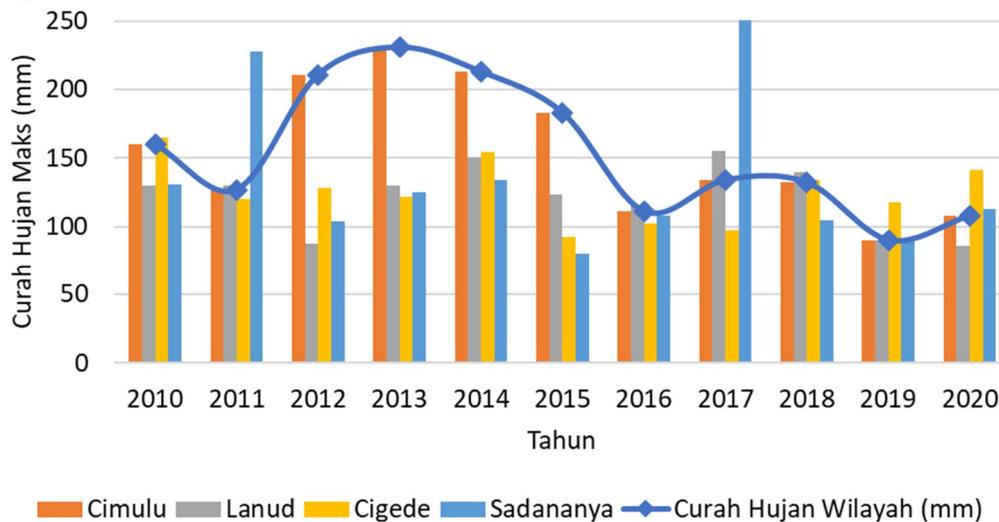
### 3.1. ANALISIS DAERAH TANGKAPAN AIR DAN KONDISI SALURAN

Analisis DEM menghasilkan topografi lahan dan arah aliran *runoff* di lahan atau disebut *streamflow*. *Overlay* data diatas dan kondisi fisik lahan dapat ditentukan Daerah Tangkapan Air (DTA). Batas DTA berupa punggung atau dataran tinggi. DTA dapat disesuaikan dengan kondisi fisik lapangan dan jejaring saluran drainase (Nayeb Yazdi et al., 2019). Hasil analisis DTA dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan kriteria di atas, terdapat 50 DTA. Karakteristik

DTA disesuaikan dengan kondisi lapangan untuk *input* data ke EPA SWMM. Parameter lahan untuk keperluan simulasi di antara lain adalah luas DTA, kemiringan lahan, lebar DTA yang memberikan input *runoff* langsung ke saluran drainase, serta perbandingan lahan kedap air (*impervious*) (Peng et al., 2020). Luas DTA bervariasi antara 0.1 – 5.8 ha, kemiringan lahan antara 1.7 % – 14%, nilai perbandingan lahan kedap air (*impervious*) mencapai 95%. Saluran utama (Con 9 dan Con 10) yang berfungsi ganda berdimensi 2 x 2 meter, saluran tersebut berbentuk segi empat dari pasangan batu dengan nilai kekasaran saluran (*n*) sebesar 0.003, kemiringan dasar saluran 0.01 sehingga didapatkan kapasitas saluran adalah 8.7 m<sup>3</sup>/detik.

### 3.2. ANALISIS HIDROLOGI

PCH yang digunakan sebanyak 5 pos, diantaranya PCH Cimulu, Lanud Wiriadinata, Cigede, dan Sadananya. Hujan wilayah dianalisis menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Metode tersebut menghubungkan masing-masing stasiun dengan garis lurus sehingga didapatkan luas daerah pengaruh dari tiap stasiun. Luas daerah pengaruh PCH yang didapatkan adalah garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antar stasiun (Subyani & Al-Amri, 2015). Hasil analisis memperlihatkan bahwa hanya PCH Cimulu yang berpengaruh pada lokasi penelitian. Curah hujan harian maksimum masing-masing stasiun curah hujan dan hujan wilayah disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Curah Hujan Harian Maksimum dan Hujan Wilayah untuk Perencanaan Analisis Hidrologi

### 3.3. ANALISIS FREKUENSI

Analisis frekuensi dalam penelitian ini bertujuan untuk menghitung curah hujan rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 1000 tahun. Setelah dilakukan analisis frekuensi, dilakukan uji parameter statistik seperti koefisien skewness, koefisien kurtosis (*C<sub>k</sub>*) untuk setiap distribusi yang digunakan (Sharif et al., 2016). Hasil analisis didapatkan bahwa distribusi Log person Type III yang memenuhi syarat sehingga perencanaan curah hujan rencana akan digunakan (Apriyanza et al., 2019). Curah hujan Log Pearson Tipe III disajikan pada Tabel. Curah hujan di lokasi penelitian masuk pada kategori ekstrem mulai PUH 2 tahun, yaitu 152 mm.

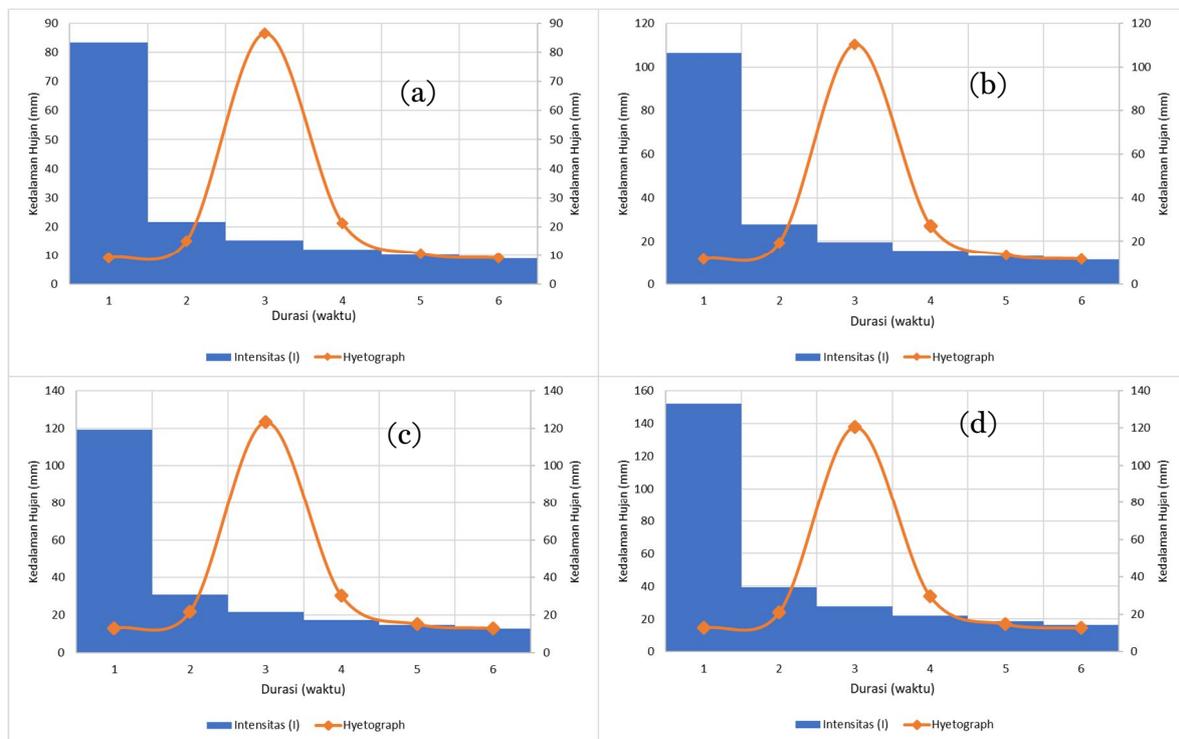
**Tabel 1.** Curah Hujan Rancangan Log Pearson Tipe III

No.	PUH	Probabilitas (%)	CH (mm)
1	2	50	152
2	5	20	193

No.	PUH	Probabilitas (%)	CH (mm)
3	10	10	216
4	25	4	242
5	50	2	258
6	100	1	273
8	1000	0.1	314

Setelah distribusi ditentukan, parameter distribusi yang cocok harus diuji terhadap fungsi distribusi probabilitas. Fungsi distribusi probabilitas dapat diperkirakan dari distribusi frekuensi (Jemberie & Melesse, 2021). Uji yang digunakan adalah uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov. Uji Chi Kuadrat didapatkan hasil bahwa nilai  $Xh^2 \geq X^2$  dengan signifikasi 5% ( $5.991 \geq 3.438$ ). Parameter tersebut dapat diterima. Hasil Uji Smirnov-Kolmogrov didapatkan bawah nilai  $D_{max} < D_{cr}$  dengan signifikasi 5% ( $0.183 < 0.391$ ). Parameter uji tersebut memperlihatkan bahwa data yang digunakan telah terdistribusi dengan baik (Ariwibowo et al., 2017).

### 3.4. INTENSITAS HUJAN RANCANGAN



**Gambar 4.** Kurva IDF dan *Hyetograph* Hujan Rencana (a) Periode 2 Tahun, (b) Periode 5 Tahun, (c) Periode 10 Tahun, dan (d) Periode 25 Tahun.

Perhitungan Intensitas hujan menggunakan metode Mononobe. Intensitas hujan dianalisis untuk berbagai periode ulang. Periode ulang adalah waktu perkiraan hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Ferk et al., 2020). Intensitas hujan selama 24 jam pada periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun dan 1000 tahun. Intensitas hujan jam singkat di wilayah Indonesia umumnya terjadi 6 – 8 jam (Irawan et al., 2020). Analisis hujan jam-jaman disimulasikan selama 6 jam dengan metode *Triangular Hyetograph Method* (Sharif et al., 2016). Intensitas hujan disajikan pada Gambar 4. Intensitas metode mononobe menghasilkan 55% hujan telah terjadi pada 1 (satu) jam pertama, akan turun sampai di jam ke 6 sebanyak 9%. Pada PUH 2 tahun, dengan curah hujan 152 mm/hari,

terdistribusi selama 6 jam berturut-turut 83 mm, 22 mm, 15 mm, 10 mm, dan 9 mm. Perhitungan yang sama dilakukan untuk PUH 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun. Hasil intensitas hujan rencana disajikan pada Gambar 4.

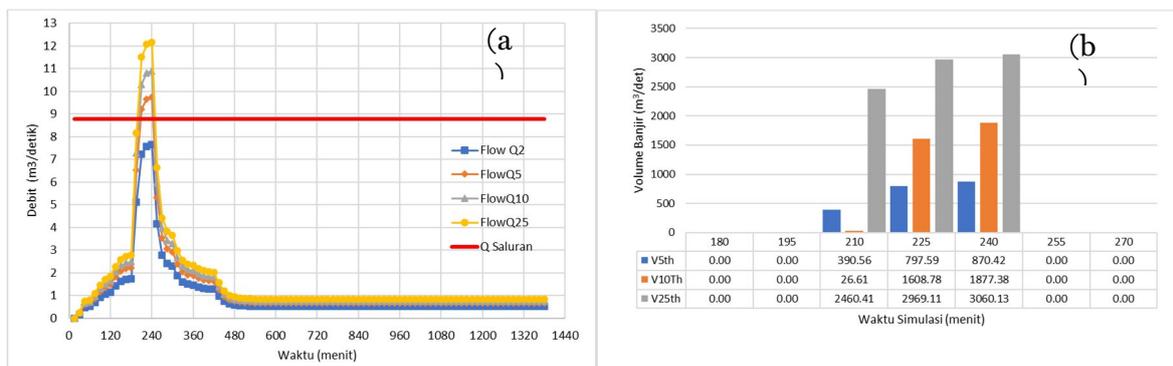
### 3.5. HASIL SIMULASI EPA SWMM 5.1.

Hasil simulasi menunjukkan *continuity error* pada *Surface Runoff* sebesar -0,18% dan *Flow Routingnya* -4,43%. Hasil simulasi dapat diterima karena nilai *continuity error* kurang dari 10%

#### 3.5.1. Kondisi Eksisting Sistem Drainase

Simulasi kondisi eksisting dilakukan secara bertahap, mulai dengan PUH 2 tahun, selanjutnya ditingkatkan untuk PUH 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun. Hasil simulasi dan analisis (Gambar 5a) diperlihatkan bahwa saluran tidak mengalami *overflow* pada Periode Ulang Hujan (PUH) 2 tahun, namun untuk PUH 5 tahun – PUH 25 tahun terjadi *overflow* di saluran Con 10 (lihat Gambar 2). *Overflow* saluran tersebut akan mengakibatkan genangan di Jalan M. Hatta. Hasil perhitungan didapatkan kapasitas saluran Con 9 dan Con 10 adalah 8.7 m<sup>3</sup>/detik. Saat PUH 2 tahun, debit maksimum pada Con 10 adalah 7.6 m<sup>3</sup>/detik atau 87% dari kapasitas saluran. Sementara PUH 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun terjadi *overflow* di saluran Con 10, debit dan kapasitas dari saluran yang terjadi secara berurutan adalah : 9.7 m<sup>3</sup>/detik (111% dari kapasitas Con 10), 10.9 m<sup>3</sup>/detik (124% dari kapasitas Con 10), dan 12.2 m<sup>3</sup>/detik (139% dari kapasitas Con 10).

*Overflow* saluran Con 10 mengakibatkan banjir di daerah yang elevasi rendah di bagian hilir. Volume banjir didapatkan dari luasan kurva hidrograf di atas kurva kapasitas saluran drainase. Volume banjir maksimum di Con 10 pada PUH 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun secara berurutan adalah: 2058.6 m<sup>3</sup>, 3512.8 m<sup>3</sup>, dan 5429.7 m<sup>3</sup>. Banjir mulai terjadi pada menit 210 sampai menit 240 dari awal simulasi (Gambar 5b). Volume banjir dari hidrograf menjadi ukuran untuk menentukan volume tampungan kolam retensi sebagai pengendali banjir.



**Gambar 5.** Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Saluran Con 10 Periode Ulang Hujan 2 – 25 Tahun (a) Hidrograf Debit dan Kapasitas Saluran, (b) Volume Banjir Akibat *Overflow* pada Saluran Con 10

Penanganan banjir adalah mengalirkan kelebihan air ke suatu wadah kolam yang disebut kolam retensi (Pramono & Saputro, 2020). Dimensi kolam retensi disesuaikan dengan volume banjir yang terjadi di saluran. Debit banjir rencana yang ditangani pada PUH 25 tahun. Volume kolam retensi didesain hanya memenuhi 80% dari volume total kolam agar tidak *overtopping*. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan volume tampungan kolam adalah 6786.9 m<sup>3</sup>. Tinggi muka air di kolam ditetapkan 0.5 m, maka luas kolam yang diperlukan minimal 13573.8 m<sup>2</sup>.

Lahan yang dibutuhkan tersedia di lokasi penelitian, yaitu lahan dalam bentuk kolam warga yang tersedia di lokasi tersebut. Direncanakan 2 kolam retensi dengan luas masing-masing kolam 9355 m<sup>2</sup> dan 6422 m<sup>2</sup>. Luas total kolam retensi tersebut adalah 15777 m<sup>2</sup>, yaitu 116% lebih luas dari pada luas kolam yang dibutuhkan.

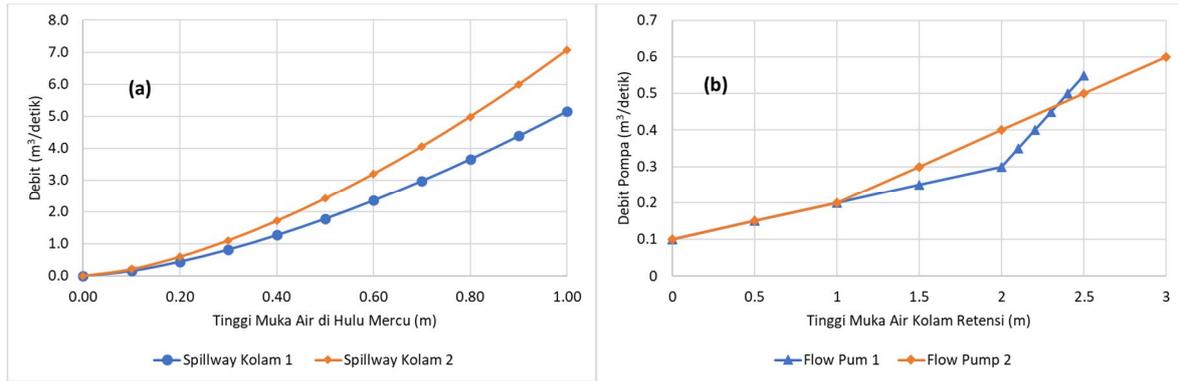
### **3.5.2. Simulasi Penerapan Kolam Retensi**

Simulasi dilakukan dengan 2 (dua) kolam retensi untuk menampung kelebihan debit pada saluran Con 10. Kolam retensi yang digunakan berupa kolam datar dan diasumsikan kedap air. Kolam retensi bagian hulu memiliki luas 935.5 m<sup>2</sup> dan tinggi air maksimum kolam adalah 2 m, sehingga volume tampungan total kolam 17774.5 m<sup>3</sup>. Luas kolam retensi bagian hilir adalah 6422 m<sup>2</sup> dengan tinggi air maksimum 2, sehingga volume kolam retensi bagian hilir adalah 12844 m<sup>3</sup>.

*Outlet* kolam didesain berupa bangunan pelimpah dengan mercu tipe ogee. Perencanaan kapasitas *outlet* tersebut disesuaikan dengan keamanan kolam agar tidak *overtopping* (Sun et al., 2011). Kapasitas *spillway* kolam 2 didesain lebih besar dari kolam 1. Kapasitas *spillway* kolam 1 dan 2 disajikan ada Gambar 6 (a). Lebar *Spillway* di kolam retensi 1 adalah 1 m, hasil hitungan menunjukkan kapasitas maksimum *spillway* kolam retensi 1 adalah 5 m<sup>3</sup>/detik pada elevasi air 1 m di atas mercu, sedangkan *spillway* dengan lebar 1.2 m, didapatkan kapasitas *spillway* kolam retensi 2 mencapai 7 m<sup>3</sup>/detik. Pada simulasi, kapasitas desain *spillway* masing-masing kolam hanya pada elevasi 0.5 m dari puncak mercu, artinya kapasitas maksimal *spillway* pada kolam 1 adalah 1.78 m<sup>3</sup>/detik dan *spillway* kolam 2 adalah 2.41 m<sup>3</sup>/detik. Puncak mercu *spillway* kolam 1 berada pada elevasi 0.5 m dari dasar kolam, sedangkan kolam 2 (dua), puncak mercu di elevasi 1.0 m dari dasar kolam.

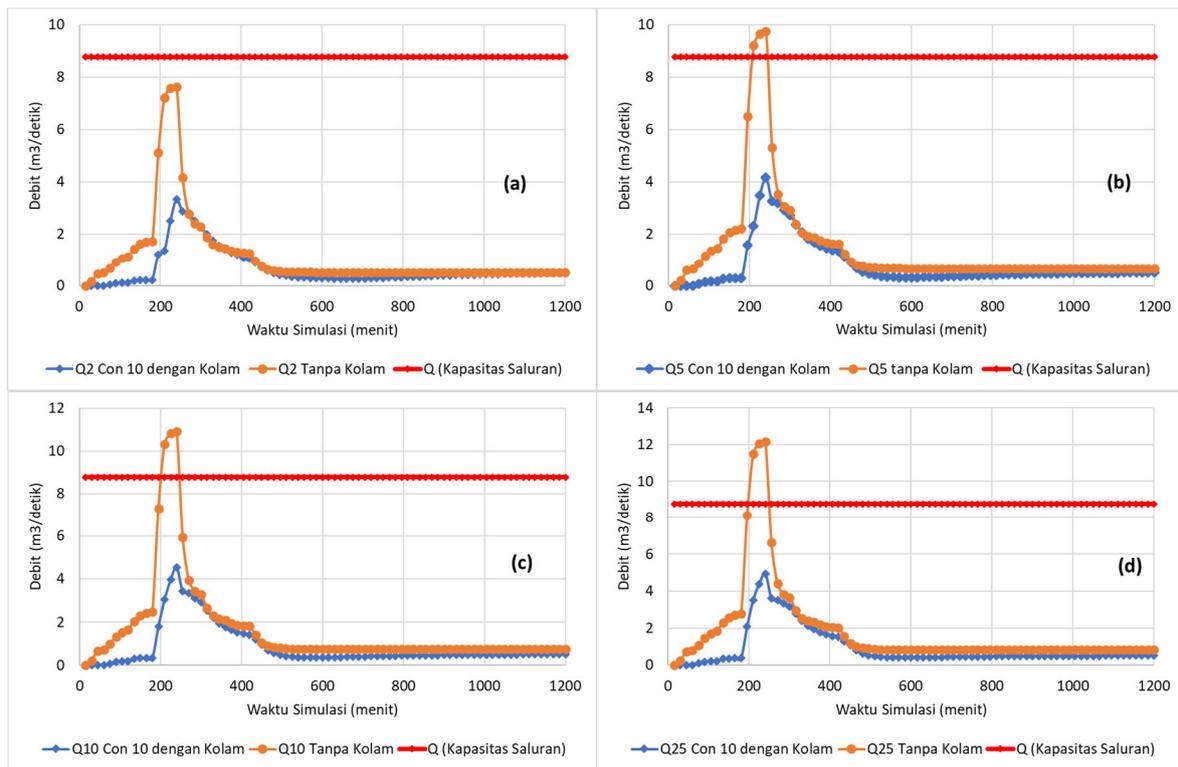
Kolam retensi direncanakan mempunyai luas dan kedalaman yang berbeda disesuaikan dengan lahan yang tersedia. Parameter disimulasikan untuk mendapatkan hidrograf *inflow-outflow* beserta perubahan tinggi muka air. *Spillway* berfungsi sebagai outlet berada pada elevasi yang lebih tinggi dari pada dasar kolam. Kondisi tersebut mengakibatkan kolam sudah terisi air pada elevasi muka air yang sama dengan mercu. Kondisi tersebut akan mengurangi kapasitas kolam dalam mengendalikan banjir. Kondisi tersebut juga akan dapat mengakibatkan *overtopping* pada kolam. Mengatasi potensi masalah di atas, maka pada kedua kolam dibantu dengan menggunakan pompa.

Parameter kolam retensi diatur agar kolam tidak *overtopping*. Parameter kolam retensi terdiri dari *outlet* yang berbentuk *weir* dan pompa, tinggi kolam air maksimum yang harus dijaga yaitu 2.3 m sehingga pompa akan berfungsi ketika tinggi muka air pada level 2.3 m dan akan non-aktif ketika level air sama dengan 1.8 m. pompa yang digunakan adalah pompa tipe 2, yaitu pompa debit meningkat secara bertahap dengan peningkatan kedalaman air di kolam. Debit pompa maksimum mencapai 0.55 m<sup>3</sup>/detik. Parameter debit pompa kolam retensi 2 (dua) mencapai 0.4 m<sup>3</sup>/detik. Pompa aktif ketika tinggi muka air saat 2.3 m dari dasar kolam dan akan non-aktif pada elevasi air 1 m dari dasar kolam. Kurva pompa kolam retensi 1 dan 2 disajikan pada Gambar 6 (b).



**Gambar 6.** Parameter Outlet Kolam Retensi (a) Kapasitas Spillway Kolam 1 dan Kolam 2, (b) kapasitas Pompa pada Kolam Retensi 1 dan Kolam Retensi 2

Gambar 7 didapatkan bahwa penerapan kolam retensi cukup efektif untuk mengurangi debit puncak. Penurunan debit puncak PUH 2 tahun, PUH 5 tahun, PUH 10 tahun, dan PUH 25 tahun secara berurutan adalah 4.30 m<sup>3</sup>/detik, 5.59 m<sup>3</sup>/detik, 6.35 m<sup>3</sup>/detik, dan 7.23 m<sup>3</sup>/detik. Penerapan kolam retensi dapat mereduksi debit puncak mencapai 59% pada PUH 25 tahun. Hasil simulasi juga menunjukkan debit pada saluran yang ditinjau (Con 10) hanya terpenuhi 56% dari kapasitas saluran. Kondisi tersebut disebabkan oleh debit banjir dapat ditampung oleh kolam retensi. Kolam retensi adalah infrastruktur drainase yang dirancang untuk menampung dan mendistribusikan air hujan di suatu daerah.



**Gambar 7.** Perbandingan Debit Sebelum dan Sesudah Penerapan Kolam Retensi terhadap Kapasitas Saluran pada berbagai Periode Ulang Hujan (a) PUH 2 Tahun, (b) PUH 5 Tahun, (c) PUH 10 Tahun, dan (d) PUH 25 Tahun

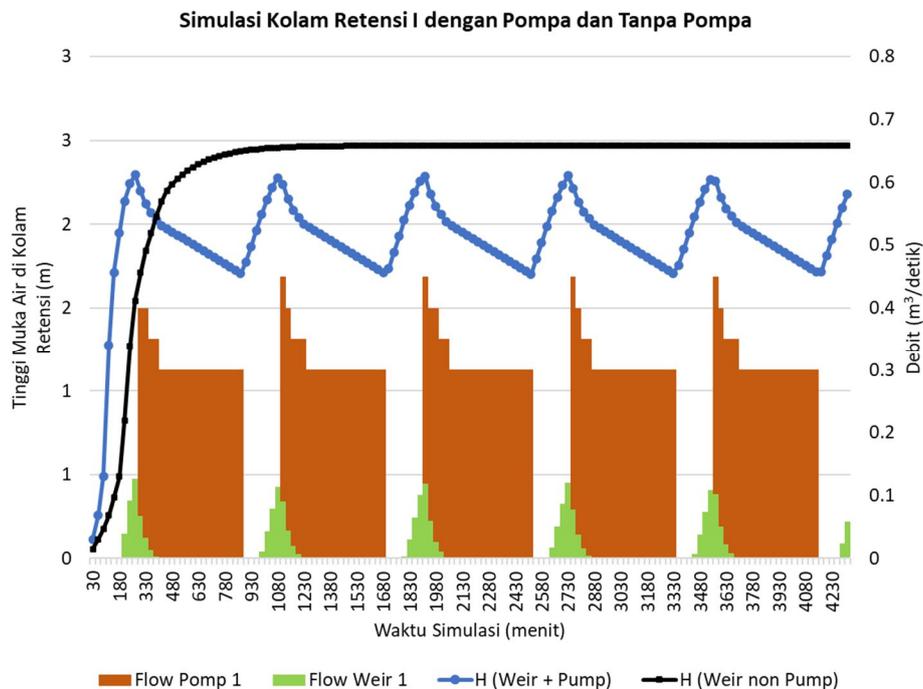
Penerapan kolam retensi dapat mereduksi debit puncak di bagian hilir (Con 10). Sesuai fungsinya, desain kolam retensi harus mampu melindungi daerah hilir dari kerusakan akibat saluran *overflow*. Kelebihan debit tersebut pada saluran tersebut dapat ditampung dalam kolam sehingga dapat menurunkan banjir di saluran (Harmani & Soemantoro, 2017). Penerapan 2 (dua) kolam retensi di hulu Con 9 dan Con 10 memiliki efektivitas 56 – 59% atau dapat mereduksi debit puncak mencapai 7.23 m<sup>3</sup>/detik. Detail hasil simulasi pada Saluran Con 10 disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Efektivitas Penerapan Kolam Retensi untuk Reduksi Debit Puncak di Con 10 Cisalim

PUH	Q Tanpa Kolam Retensi (m <sup>3</sup> /detik)	Q Penerapan Kolam Retensi (m <sup>3</sup> /detik)	Reduksi Debit Puncak (m <sup>3</sup> /detik)	Effektivitas (%)	Kapasitas Saluran (%)
2	7.64	3.34	4.30	56	38
5	9.74	4.15	5.59	57	47
10	10.90	4.55	6.35	58	52
25	12.17	4.95	7.23	59	56

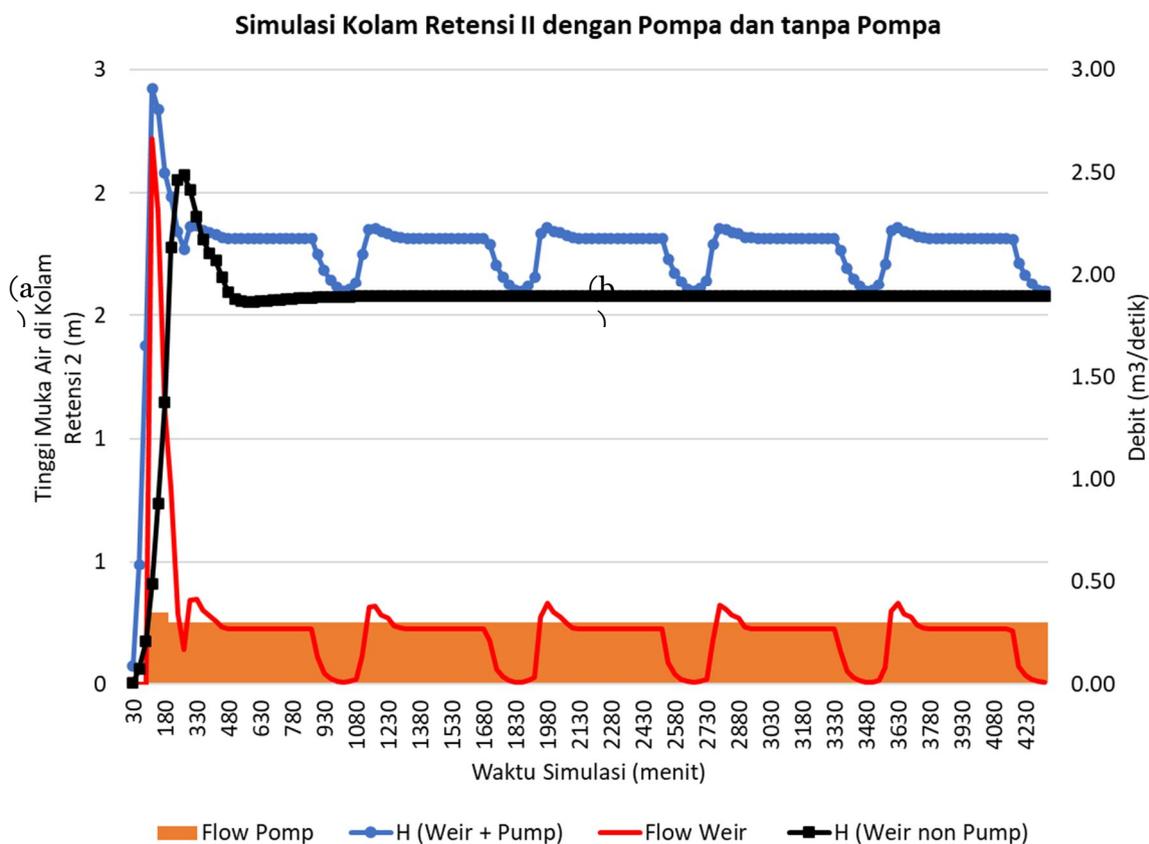
### 3.5.3. Simulasi Keamanan Kolam Retensi

Hasil simulasi pada kolam 1 memperlihatkan bahwa dengan kombinasi pompa dan *spillway*, tinggi muka air fluktuatif pada 1.8 – 2.3 m. Elevasi tersebut adalah tinggi pompa di kolam 1 beroperasi. Gambar 8 diperlihatkan bahwa debit pompa maksimum adalah 0.45 m<sup>3</sup>/detik dan terus turun dengan adanya penurunan tinggi muka air di kolam. Debit aliran *spillway* kolam 1 juga tereduksi hanya 0.15 m<sup>3</sup>/detik, dengan kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa dengan adanya penambahan pompa pada kolam retensi 1 lebih menjamin keamanan tidak terjadinya *overtopping*.



**Gambar 8.** Hasil Simulasi Kondisi Tinggi Muka Air di Kolam, Debit Pompa, dan Debit *Spillway* di Kolam Retensi

Kolam retensi 2 (dua) bagian hilir Gambar 9, tinggi muka air di kolam dengan kombinasi pompa dan *spillway* berfluktuatif pada 1.8 – 2.3 m, kondisi tersebut sesuai juga dengan operasional pompa. Debit maksimum pompa adalah 0.40 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan debit *spillway* lebih tinggi, yaitu mencapai 2.3 m<sup>3</sup>/detik. Elevasi muka air di kolam retensi 2 (dua) dengan menggunakan kombinasi pompa dan *spillway* lebih tinggi tanpa menggunakan pompa, hal ini disebabkan oleh debit aliran dari pompa dan *spillway* kolam retensi 1 di bagian hulu. Penambahan pompa di kolam retensi 2 dapat dikatakan juga memberikan keamanan pada kolam retensi 2 (dua) tidak terjadi *overtopping*. Selain itu, pompa dapat digunakan untuk mengosongkan kolam pada musim hujan untuk meningkatkan tampungan, kolam retensi juga dapat menjadi alternatif untuk ketersediaan air irigasi di musim kemarau untuk irigasi. Fungsi lain dari kolam retensi adalah untuk menggantikan lahan resapan yang di jadikan untuk lahan tertutup, perumahan dan perkantoran. Hasil yang sama didapatkan pada penelitian lain yang menyebutkan bahwa kolam retensi dapat mengurangi debit banjir dalam skala DAS (Zevri, 2019).



Gambar 9. Hasil Simulasi Kondisi Tinggi Muka Air di Kolam, Debit Pompa dan Debit di *Spillway* Kolam Retensi 2 (dua)

#### 4. KESIMPULAN

Penyebab banjir di jalan M. Hatta adalah saluran irigasi Cisalim (Con 9 dan Con 10) yang berfungsi sebagai saluran drainase. Saluran cukup aman pada PUH 2 tahun, namun overflow pada PUH di atasnya. Penanganan banjir menggunakan 2 (dua) kolam retensi berukuran masing-masing 9355 m<sup>2</sup> dan 6422 m<sup>2</sup> dan kedalaman kolam yang sama yaitu 2 m, outlet kolam berupa *spillway* dan dibantu dengan pompa. Aplikasi kolam retensi tsb dapat mereduksi debit puncak di saluran Cisalim (Con 9 dan Con 10) sebesar 59% pada PUH 25 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alia, F., Al-Amin, M. B., & Kurnia, A. Y. (2019). Evaluasi Aspek Teknis Prasarana Kolam Retensi untuk Pengendalian Banjir Di Kecamatan Sukarame, Kalidoni, Kemuning dan Ilir Timur Ii Kota Palembang. *Applicable Innovation of Engineering Science Research*, 459–466.
- Apriyanza, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2019). Analisis Kemampuan Saluran Drainase terhadap Genangan Banjir di Jalan Gunung Bungkuk Kota Bengkulu dengan Menggunakan Aplikasi EPA SWMM 5.1. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 10(2). <https://doi.org/10.33369/ijts.10.2.41-51>
- Ariwibowo, M. L., Suripin, S., & Atmojo, P. S. (2017). Aplikasi Penginderaan Jauh dan EPA-SWMM untuk Simulasi Debit Banjir Akibat Perubahan Lahan Sub DAS Banjaran. *Teknik*, 38(2), 119–125.
- Bidang Pemukiman. (2016). *Laporan Akhir Rencana Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Pemukiman Kumuh Perkotaan Kota Tasikmalaya*. Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang.
- Ferk, M., Komac, B., & Loczy, D. (2020). Management of small retention ponds and their impact on flood hazard prevention in the Slovenske Gorice Hills. *Acta Geographica Slovenica*, 60(1), 107–125–107–125. <https://doi.org/10.3986/AGS.7675>
- Fransiska, Y., Junaidi, J., & Istijono, B. (2020). Simulasi Dengan Program EPA SWMM Versi 5.1 Untuk Mengendalikan Banjir pada Jaringan Drainase Kawasan Jati. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(1), 38–48. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i1.56>
- Golden, H. E., Sander, H. A., Lane, C. R., Zhao, C., Price, K., D'Amico, E., & Christensen, J. (2016). Relative effects of geographically isolated wetlands on streamflow: a watershed-scale analysis. *Ecohydrology*, 9(1), 21–38. <https://doi.org/10.1002/eco.1608>
- Harmani, E., & Soemantoro, M. (2017). Kolam retensi sebagai alternatif pengendali banjir. *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, 1(1). <https://doi.org/10.25139/jtsu.v1i1.274>
- Hidayat, A. K., Irawan, P., Hendra, Ikhsan, J., & Atmaja, S. (2021). Analisis dan Pemetaan Limpasan Permukaan di DAS Citanduy Hulu dengan Metode SCSN. *Rona Teknik Pertanian*, 14(1), 73–86. <https://doi.org/10.17969/rtp.v14i1.17699>
- Irawan, P., Hendra, H., Ikhsan, J., Atmaja, S., & Sari, N. K. (2020). Analisis dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (PUH) Das Citanduy Hulu. *Akselerasi*.
- Jemberie, M. A., & Melesse, A. M. (2021). Urban flood management through urban land use optimization using LID techniques, city of Addis Ababa, Ethiopia. *Water*, 13(13), 1721. <https://doi.org/10.3390/w13131721>
- Kartawijaya, S. A., Sutandi, A., & Kurniawan, V. (2021). Analisis Kapasitas Saluran Drainase Di Kecamatan Kelapa Gading. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(2), 469. <https://doi.org/10.24912/jmts.v0i0.10517>
- 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. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 155.
- Lindawati, L., Irawan, P., & Nursani, R. (2021). Evaluasi Sistem Drainase Dalam Upaya Penggulangan Banjir di Jalan AH Nasution Kota Tasikmalaya Menggunakan Program EPA SWMM 5.1. *Jurnal Siliwangi Seri Sains Dan Teknologi*, 7(2).
- Makarauw, V. (2012). Penduduk, perumahan pemukiman perkotaan dan pendekatan kebijakan. *Sabua: Jurnal Lingkungan Binaan Dan Arsitektur*, 3(1).
- Munibah, K., Sitorus, S. R. P., Rustiadi, E., Gandasasmita, K., & Hartrisari, H. (2009). Model hubungan antara jumlah penduduk dengan luas lahan pertanian dan permukiman (studi kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten). *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 11(1), 32–40.
- Nayeb Yazdi, M., Ketabchy, M., Sample, D. J., Scott, D., & Liao, H. (2019). An evaluation of HSPF and SWMM for simulating streamflow regimes in an urban watershed. *Environmental Modelling and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.05.008>
- Nugroho, H. Y. S. H., Indrawati, D. R., Wahyuningrum, N., Adi, R. N., Supangat, A. B., Indrajaya, Y., Putra, P. B., Cahyono, S. A., Nugroho, A. W., Basuki, T. M., Savitri, E., Yuwati, T. W., Narendra, B. H., Sallata, M. K., Allo, M. K., Bisjoe, A. R., Muin, N., Isnani, W., Ansari, F., ... Hani, A. (2022). Toward Water, Energy, and Food Security in Rural Indonesia: A Review. *Water*, 14(10), 1645. <https://doi.org/10.3390/w14101645>
- Peng, J., Yu, L., Cui, Y., Yuan, X., & Technology. (2020). Application of SWMM 5.1 in flood simulation of sponge airport facilities. *Water Science*, 81(6), 1264–1272. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.221>
- Pramono, A. N., & Saputro, P. T. (2020). Efektivitas Kolam Retensi Terhadap Pengendalian Banjir. *G-SMART*, 4(2), 94–107. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v6i1.3374>

- Samantaray, S., & Sahoo, A. (2020). Estimation of flood frequency using statistical method: Mahanadi River basin, India. *H2Open Journal*, 3(1), 189–207.
- Sharif, H. O., Al-Juaidi, F. H., Al-Othman, A., Al-Dousary, I., Fadda, E., Jamal-Uddeen, S., & Elhassan, A. (2016). Flood hazards in an urbanizing watershed in Riyadh, Saudi Arabia. *Geomatics, Natural Hazards Risk*, 7(2), 702–720. <https://doi.org/10.1080/19475705.2014.945101>
- Subyani, A. M., & Al-Amri, N. S. %J A. J. of G. (2015). *IDF curves and daily rainfall generation for Al-Madinah city, western Saudi Arabia*. 8(12), 11107–11119. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-1999-9>
- Sudrajat, D., Noor, T. I., Setiawan, I., & Karmana, M. H. (2021). *Persepsi Pemangku Kepentingan terhadap Kebijakan Alih fungsi Lahan di Kota Tasikmalaya*. 7(2), 1056–1067.
- Sun, S., Yan, X., Cui, P., Feng, J. %J I. J. of E. R., & Health, P. (2011). *A four-step method for optimising the normal water level of reservoirs based on a mathematical programming model—a case study for the songyuan backwater dam in jilin province, china*. 8(4), 1049–1060.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Syofyan, Z. (2022). Kolam Retensi Sebagai Upaya Pengendalian Banjir pada Daerah Aliran Sungai Batang Pangian. *Rang Teknik Journal*, 5(1), 124–136. <https://doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2856>
- Yudianto, D., & Roy, A. F. V. (2019). Pemanfaatan Kolam Retensi dan Sumur Resapan pada Sistem Drainase Kawasan Padat Penduduk. *Jurnal Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.28932/jts.v5i2.1317>
- Zevri, A. (2019). Desain Kolam Retensi Pada Daerah Aliran Sungai Bekala. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 15(2). <https://doi.org/10.25077/jrs.15.2.90-102.2019>