



## Perancangan Sistem Pengelolaan Air Hujan dengan *Zero Run Off System* di RSUD Kota Bogor

### *Designing a Rainwater Management System with Zero Runoff System at Bogor City Regional General Hospital*

Nanda Nashiha Ihsani<sup>1)</sup>\* Budi Indra Setiawan<sup>2)</sup> Satyanto Krido Saptomo<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB, Jl. Raya Dramaga, Kabupaten Bogor, Indonesia

\*Corresponding email: [ishanianashiha@gmail.com](mailto:ishanianashiha@gmail.com)

Accepted: 07 October 2023; Revised: 30 December 2023; Approved: 04 September 2024

#### ABSTRACT

Annual flooding during the rainy season at the Bogor City Regional General Hospital since 2016 has created a significant issue, potentially triggering a domino effect impacting the hospital, its visitors, staff, and patients. This study aims to design a rainwater management system to mitigate excessive rainwater puddles, which causes flooding, using the Zero Runoff System (ZROS) concept. The ZROS concept focuses on establishing an eco-drainage system for this government-owned hospital to address the issue of inundation effectively. This study employs rainfall-runoff modeling with statistical methods such as Distribution Testing and Chi-Square Analysis to determine data fit. Hydrological analysis is conducted to calculate design discharge and runoff volumes that can be discharged to detention ponds. The results show that the required storage volume is 72.35 m<sup>3</sup>, leading to the recommendation of constructing a detention pond system. The proposed detention system consists of two ponds, each measuring 5 m x 3 m with a depth of 2.5 m, providing a total storage capacity of 75 m<sup>3</sup> to meet the required runoff control needs. The implementation of this system is expected to provide an integrated solution related to the flood issue at the Bogor City Hospital, considering that the hospital is a public facility that is prone to piles of garbage, for example, a control tub is made before water enters the Detention Pond. The chamber includes a trash screen with a closable outlet to facilitate maintenance and ensure the detention ponds remain effective.

**Keywords:** detention ponds, flood control, inundation, rainwater management, zero run-off system.

#### ABSTRAK

Kejadian banjir yang terjadi setiap tahun sejak 2016 pada musim hujan di RSUD Kota Bogor merupakan masalah yang dapat memberikan efek domino untuk perusahaan, pengunjung, petugas juga pasien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pengendali genangan air hujan berlebihan yang mengakibatkan banjir di RSUD Kota Bogor dengan konsep Zero Run-Off System (ZROS). Konsep ZROS dilakukan untuk membangun sistem ekodrainase pada rumah sakit milik pemerintah daerah sehingga membantu menyelesaikan permasalahan genangan air hujan. Pada penelitian ini dilakukan permodelan hujan limpasan dimana metode yang digunakan adalah Uji Distribusi dan Chi-Square untuk mendapatkan nilai kesesuaian pada data yang diterima. Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung debit rencana dan volume limpasan untuk dapat dialirkan ke kolam detensi. Hasil analisis hidrologi menunjukkan nilai volume penyimpanan yang dibutuhkan sebesar 72,35 m<sup>3</sup> dan setelah disesuaikan dengan kondisi lahan maka diperlukan kolam detensi. Bangunan direncanakan sebagai sistem pengendalian genangan air hujan dengan kapasitas tampungan 75 m<sup>3</sup> yang terbagi menjadi dua kolam detensi masing-masing berukuran 5 m x 3 m dengan kedalaman 2,5 m agar kolam detensi dapat memenuhi kebutuhan tampungan. Penerapan sistem ini diharapkan dapat menyediakan solusi terintegrasi terkait isu banjir di RSUD Kota Bogor, mengingat rumah sakit merupakan fasilitas umum yang rawan dengan tumpukan sampah, Misalnya dibuatkan bak kontrol sebelum air masuk ke dalam Kolam Detensi. Saringan sampah tersebut terdiri atas saringan sampah pintu outlet yang dapat dibuka tutup untuk memudahkan pemeliharaan kolam detensi.

**Kata Kunci:** genangan, kolam detensi, pengelolaan air hujan, pengendalian banjir, zero run-off system.

## PENDAHULUAN

RSUD Kota Bogor berdiri pada 06 Agustus 2014 tepat setelah masa perjanjian antara Rumah Sakit (RS) Karya Bhakti dengan pemerintah Kota Bogor berakhir. RS dengan luas lahan sekitar 3,182 hektar ini terus menerus mengalami revitalisasi. Tercatat sampai dengan tahun 2022, telah dibangun empat gedung, yaitu gedung Blok II, III, I dan IV.

Selama pembangunan berlangsung, sarana dan prasarana RS banyak yang terkena dampak. Salah satu dampak serius yang berkelanjutan berkaitan dengan sistem drainase. Luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang semakin berkurang menyebabkan perubahan pada sistem drainasenya. Hal ini mengakibatkan area resapan air semakin berkurang. Demikian juga, terdapat jalur buangan air hujan yang terputus (dari hulu ke hilir). Air hujan yang masuk ke area taman dan ruangan-ruangan RS dikhawatirkan akan semakin mengganggu stabilitas pelayanan kesehatan.

Pada bulan Agustus 2022, hujan deras menggenangi area pelayanan di RSUD Kota Bogor. Menurut artikel "Ruang Poliklinik RSUD Kota Bogor Terendam Banjir", (Astyawan, 2022) banjir terjadi karena hujan deras yang mengguyur Kota Bogor pada 29 Agustus 2022 sore dan terganggunya drainase pada saat pembangunan RS tersebut. Banjir seperti ini bukan pertama kali melanda RSUD Kota Bogor. Pada 2016, beberapa area pelayanan di RS tergenangi air, terdapat dalam artikel "Waduh, Hujan Deras Ruangan RSUD Kota Bogor Tergenang" (Febrianti, 2016). Kejadian banjir seperti ini terjadi setiap tahun saat musim hujan tiba. Menurut Yudistira & Hutauruk (2021) dan Zain (2010) banjir di Jawa Barat merupakan bencana yang paling sering terjadi terutama pada saat musim hujan. Seperti yang disebutkan Hidayat et al., (2017) perencanaan kawasan dengan sistem drainase yang memadai diperlukan untuk mencegah terjadinya banjir. Pembangunan semestinya dapat mengantisipasi kejadian banjir sebagaimana yang tercantum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014)(Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 2014) yang menegaskan keharusan merancang sistem drainase yang berfungsi optimal dalam pengendalian genangan air dan pengelolaan sedimen. Meskipun tidak dipungkiri, jika banjir di daerah perkotaan merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia. Hal ini menjadi faktor pemicu kejadian banjir di RSUD Kota Bogor, termasuk salah satunya karena tingginya curah hujan sehingga dapat meningkatkan risiko terjadinya bencana (Hidayat & Fariyah, 2020).

Merujuk pada penelitian La Gandri (2018), pemicu terjadinya banjir dapat diidentifikasi diantaranya adalah karena intensitas curah hujan yang tinggi, perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali akibat urbanisasi yang sangat cepat, sehingga memberikan tekanan pada kemampuan daya dukung lingkungan perkotaan khususnya kota-kota di Indonesia. Menurut Rozi (2016) berdasarkan peta curah hujan tahunan rata-rata Kabupaten dan Kota Bogor, diketahui wilayah Kabupaten dan Kota Bogor didominasi oleh curah hujan di atas 3.000 mm/tahun. Sebanyak 89.69% wilayah Kabupaten Bogor yang memiliki curah hujan di atas 3.000 mm/tahun, sedangkan untuk Kota Bogor, seluruh wilayahnya seluas 11.703,68 ha memiliki curah hujan di atas 3.000 mm/tahun. Karena iklim tropis di Indonesia, curah hujan yang tinggi sering terjadi, yang merupakan penyebab utama banjir (Ardani et al., 2023). Selain faktor curah hujan, penambahan pengunjung dan adanya pengembangan infrastruktur juga dapat memengaruhi tingginya debit banjir. Hal ini sejalan dengan data dari Badan Pusat Statistik dimana setiap tahunnya terjadi peningkatan jumlah penduduk yang dapat diartikan, kondisi tersebut berbanding lurus dengan perubahan kondisi tata guna lahan yang menimbulkan alih fungsi lahan hijau menjadi bangunan bertingkat dan akan berpengaruh pada peningkatan debit banjir (Yusuf et al., 2021). Menurut Putra (2018) dan Heryani et al., (2002) kelebihan air hujan ini ada baiknya dibuatkan bak penampungan air hujan. Banjir yang terjadi pada perusahaan yang bergerak di bidang kesehatan dikhawatirkan dapat memengaruhi kepercayaan pengunjung untuk datang berobat (Afifah et al., 2022) karena layanan purna jual berkualitas berbanding lurus dengan pelayanan yang baik pada berbagai aspek termasuk sarana dan prasarananya (Wahjudi et al., 2018).

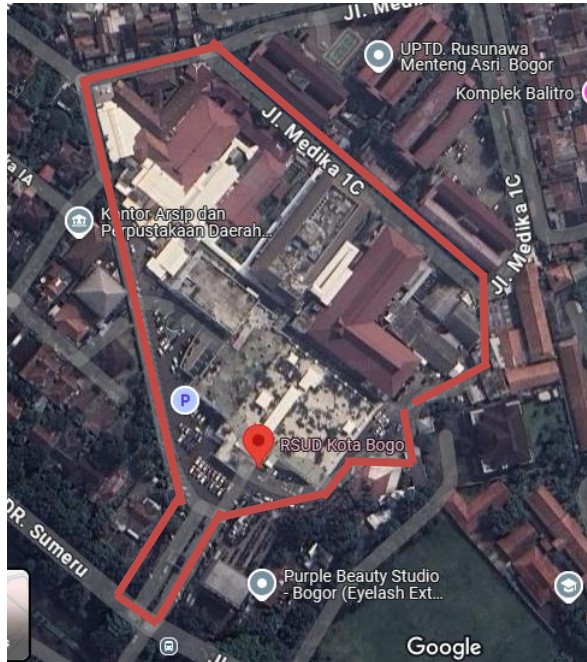
Melihat perlunya solusi untuk menyelesaikan permasalahan di RSUD Kota Bogor, maka, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis besarnya curah hujan rencana di RSUD Kota Bogor dan menyusun rancangan sistem pengelolaan air hujan.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di lokasi RSUD Kota Bogor dengan lahan seluas 31.182 m<sup>2</sup> selama lima bulan terhitung sejak Januari – Mei 2023. Peralatan utama yang digunakan adalah theodolit. Pengolahan data menggunakan MS. Excel. Data curah hujan harian selama 10 tahun terakhir dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Klimatologi, Bogor, Jawa Barat terhitung sejak tahun 2013 sampai 2022 yang

dibuat hujan jam-jaman pada periode ulang 10 tahun dengan menggunakan persamaan mononobe.

Gambar 1 menunjukkan site plan lokasi penelitian. Garis merah adalah pembatas lahan penelitian dengan lahan lainnya dimana lokasi penelitian dikelilingi oleh rumah warga, rusunawa ruko, perkantoran milik daerah dan berhadapan dengan jalan raya.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan 3 jenis analisis yaitu analisis hidrologi, analisis limpasan, dan analisis kapasitas jaringan drainase. Untuk mendukung analisis, dibutuhkan beberapa data pendukung berupa denah dan hasil pengukuran elevasi.

### Uji Distribusi

Metode yang digunakan untuk uji distribusi adalah normal, log normal Gumbel, dan log Person III. Sri Harto mengeluarkan batasan parameter untuk setiap distribusi (Handajani, 2005) seperti terlihat pada Tabel 1 Batasan Parameter Sebaran Uji Distribusi.

Tabel 1 Batasan Parameter Sebaran Uji Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1.	Normal	$Cs \approx 0,00$ $Ck = 3,00$
2.	Log Normal	$Cs \approx 3Cv + Cv^2$ $Cv \approx 0,06$
3.	Gumbel	$Cs \leq 1,139$ $Ck \leq 5,4002$
4.	Log Person Tipe III	$Cs \neq 0$ $Ck > 4,5$

Sumber: Sri Harto dalam (Handajani 2005)

### Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Metode yang digunakan untuk uji kesesuaian distribusi frekuensi adalah dengan Metode Chi - Kuadrat (Chi - Square).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $\chi^2$  : Distribusi Chi-square
- $O_i$  : Nilai observasi (pengamatan) ke-i
- $E_i$  : Nilai ekspektasi ke-i

### Analisis Hujan Rencana

Dengan memperhatikan hasil uji frekuensi curah hujan yang memenuhi kriteria parameter distribusi, curah hujan dengan periode ulang T tahun dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\log X_T = \log X_{rt} + K \cdot S \dots \dots \dots (2)$$

K merupakan variable standar untuk X yang besarnya tergantung pada koefisien kemencengan (Cs).

### Koefisien Pengaliran

Besar limpasan permukaan yang masuk ke dalam sungai, sangat tergantung dengan nilai koefisien aliran permukaan (C). Persamaan matematik metode rasional USSCS untuk memperkirakan laju aliran permukaan menggunakan persamaan:

$$Q = 0,002778 \cdot C \cdot Cs \cdot I \cdot A \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

- Q : Laju aliran (debit) puncak ( $m^3/detik$ )
- C : Koefisien aliran permukaan
- $C_s$  : koefisien tampungan
- I : Intensitas curah hujan ( $mm/jam$ )
- A : luas daerah aliran (ha)

$$C_s = \frac{2 T_c}{2 T_c + T_d} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

- $C_s$  : Koefisien tampungan
- $T_c$  : Waktu terkonsentrasi (jam)
- $T_d$  : Waktu aliran air mengalir di dalam saluran air dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam)

Koefisien aliran menggunakan metode rasional Hassing yang dapat disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Koefisien aliran untuk metode rasional Hassing

Koefisien aliran C = Ct + Cs + Cv					
Topografi,	Ct	Tanah	Cs	Vegetasi	Cv
Datar (<1%)	0,03	Pasir dan gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28

Sumber: (Fachruddin 2014)

**Tabel 3** Nilai C Berdasarkan Tipe Daerah Aliran

Tipe Daerah Aliran	Keterangan	Harga C
Perumputan	Tanah pasir, datar 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18-0,22
Business	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Single family	0,30-0,50
	Multi units, terpisah-pisah	0,40-0,60
	Multi units, tertutup	0,60-0,75
	Perumahan apartemen	0,25-0,40
Pertamanan		0,10-0,25
Tempat Bermain		0,20-0,35
Daerah yang tidak dikerjakan		0,10-0,30

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014)

**Intensitas Hujan**

Intensitas hujan (I) didapat dari persamaan Mononobe (Mori, 2003)):

$$I = \frac{R}{24} - \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- R : Curah hujan maksimum harian
- Tc : Lama Hujan (jam)

**Debit Limpasan Permukaan Maksimum**

Debit limpasan permukaan maksimum dihitung dengan metode rasional (persamaan 3).

**Unit Hidrograf**

Unit hidrograf ini dihitung dengan rumus Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan

pertimbangan hasil pengembangan rumus HSS Nakayasu menurut Prabowo et al., (2014) dan hasil penelitian Dewi et al., (2016) dimana kesalahan relatif HSS Nakayasu terbilang sangat kecil.

**Penentuan Kolam Detensi**

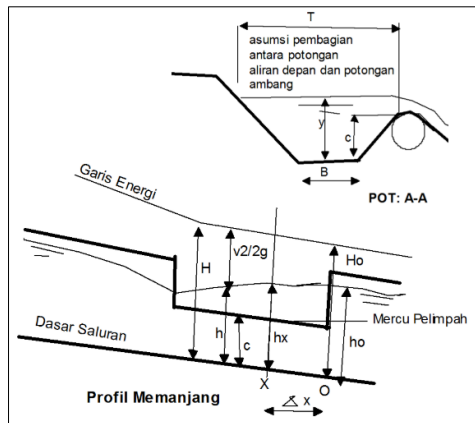
Penentuan kolam detensi dilakukan berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya (2012). Ada 4 (empat) tipe lokasi kolam retensi, kolam detensi dan kolam tandon:

1. Kolam retensi dan detensi terletak di samping badan saluran.
2. Kolam retensi dan detensi terletak pada badan saluran.
3. Kolam retensi dan detensi terletak pada saluran tersebut yang disebut *channel storage* atau *long storage*.
4. Kolam tandon dapat diletakkan di luar alur sungai.

Pada penelitian ini perencanaan kolam detensi terletak di samping badan saluran dimana beberapa poin yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
2. Menghitung kapasitas saluran *existing* dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
3. Menentukan lokasi kolam detensi pada lokasi genangan atau di bagian hulunya.
4. Menentukan lokasi bangunan pelimpah samping atau pintu *inlet* dan *outlet*.
5. Perhitungan pelimpah samping menggunakan formula yang dikutip dari Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan, KP-04, (Kementrian Pekerjaan Umum RI, 2013) sebagai berikut:
  - a. Debit di saluran pelimpah samping tidak seragam dan, oleh karena itu persamaan kontinuitas untuk aliran yang kontinu (terus menerus) tidak berlaku. Jenis aliran demikian disebut "aliran tak tetap berubah berangsur" (*gradually varied flow*);
  - b. Pada dasarnya aliran dengan debit yang menurun dapat dianggap sebagai cabang aliran di mana air yang dibelokkan tidak mempengaruhi tinggi energi;

- c. Metode yang digunakan untuk perencanaan pelimpah samping adalah metode bilangan yang didasarkan pada pemecahan masalah secara analitis yang diberikan oleh De Marchi. Dengan mengandaikan bahwa aliran adalah aliran subkritis, panjang bangunan pelimpah dapat dihitung sebagai berikut:
- Di dekat ujung bangunan pelimpah, kedalaman aliran  $h_0$  dan debit  $Q_0$  sama dengan kedalaman dan debit potongan saluran di belakang pelimpah. Dengan  $H_0 = h_0 + v_0^2 / 2g$  tinggi energi di ujung pelimpah dapat dihitung;
  - Pada jarak  $\Delta x$  di ujung hulu dan hilir bangunan pelimpah tinggi energi juga  $H_0$  karena sudah diandaikan bahwa tinggi energi di sepanjang pelimpah adalah konstan.
- Menentukan sistem aliran inlet dan outlet untuk menghitung volume kolam detensi yang dibutuhkan.
  - Komponen bangunan pelengkap pada kolam detensi yang terletak di samping badan saluran:
    - Bangunan pelimpah samping
    - Pintu inlet
    - Pintu outlet
    - Jalan akses menuju kolam detensi
    - Ambang rendah di depan pintu outlet
    - Saringan sampah pada pintu inlet
    - Kolam penangkap sedimen
    - Rumah jaga dan Gudang



Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum RI (2013)

**Gambar 2** Bangunan Pelimpah Samping

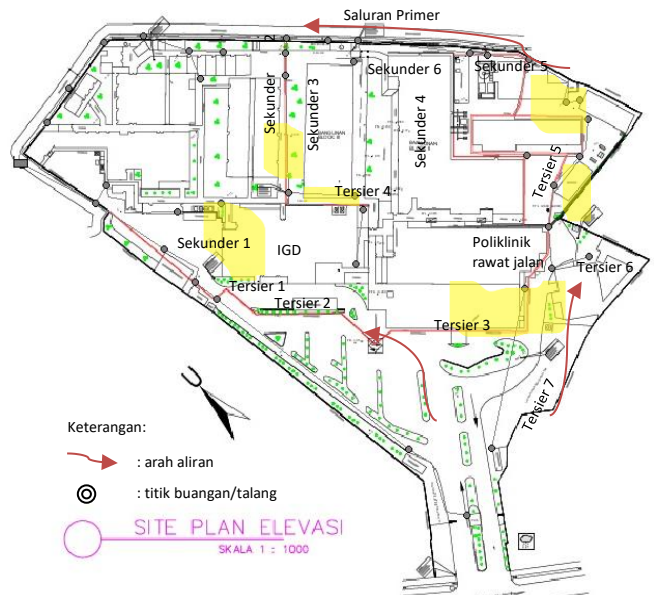
Dapat dilihat pada Gambar 2, koefisien debit  $\mu$  untuk mercu pelimpah harus diambil 5% lebih kecil dari pada koefisien serupa untuk mercu yang tegak lurus terhadap aliran;

- Setelah  $h_x$  dan  $Q_x$  ditentukan, kedalaman  $h_{2x}$  dan debit  $Q_{2x}$  akan dihitung untuk suatu potongan pada jarak  $2\Delta x$  di depan ujung pelimpah dengan cara yang sama seperti yang dijelaskan pada no (8).  $Q_0$  dan  $h_0$  harus digantikan dengan  $Q_x$  dan  $h_x$ ; dalam langkah kedua ini  $Q_x$  dan  $h_x$  menjadi  $Q_{2x}$ ,  $q_{2x}$  dan  $h_{2x}$
- Perhitungan-perhitungan ini harus diteruskan sampai  $Q_{nx}$  sama dengan debit banjir rencana potongan saluran di bagian hulu bangunan pelimpah samping. Panjang pelimpah adalah  $n\Delta x$  dan jumlah air lebih yang akan dilimpahkan adalah  $Q_{nx} - Q_0$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Sistem Pembuangan Air Hujan di RSUD Kota Bogor

Semakin luas jangkauan pelayanan kesehatan di RSUD Kota Bogor maka semakin mempengaruhi peningkatan kebutuhan infrastruktur yang dapat menunjang alat dan fasilitas kesehatan didalamnya. Pertumbuhan tersebut membuat bangunan, area pertamanan, jalan/area parkir dan sistem drainase mengalami perubahan setiap kali pembangunan dilakukan. Itulah penyebab dilakukan normalisasi saluran setiap tahun. Sayangnya dengan normalisasi tersebut, genangan berpotensi banjir masih terjadi. Sebelum dilakukan pembangunan, genangan berpotensi banjir tidak pernah terjadi bahkan saat hujan lebat. Setelah dilakukan perluasan area dan perubahan infrastruktur, banjir sering kali terjadi saat hujan deras.



**Gambar 3.** Denah Saluran Drainase RSUD Kota Bogor

Pembangunan infrastruktur di area RS ini dilakukan setiap tahun dan diterapkan pada blok yang berbeda, namun demikian, genangan yang mengakibatkan banjir terjadi di saluran yang sama, yaitu saluran yang dekat dengan saluran primer (ujung). Setiap sisinya merupakan cabang dari saluran gorong-gorong utama. Pada saluran-saluran sekunder sering kali terjadi genangan yang berpotensi banjir (area berwarna kuning) pada gambar 3 Denah Saluran Drainase RSUD Kota Bogor.

Gambar 3. menunjukkan site plan RSUD Kota Bogor dilengkapi dengan arah air masuk dari depan gerbang dan mengalir ke saluran primer yang merupakan gorong-gorong utama di depan kompleks rusunawa. Area berwarna kuning merupakan area yang sering terdampak ketika hujan lebat turun.

**Tabel 4** Pembagian Saluran Drainage Existing

No	Ruas Saluran	Panjang Saluran (L)
		(m)
		289,62
1	Saluran Sekunder 4 (tengah)	44,78
	Saluran Sekunder 3 (tengah)	68,75
	Saluran Tersier 3 (tengah)	35,25
	Saluran Tersier 4 (tengah)	54,85
2	Saluran Sekunder 1 (kiri)	56,99
	Saluran Sekunder 2 (kiri)	103,44
	Saluran Tersier 1 (kiri)	16,41
	Saluran Tersier 2 (kiri)	6,62
3	Saluran Sekunder 5 (kanan)	13,52
	Saluran Sekunder 6 (kanan)	25,59
	Saluran Tersier 5 (kanan)	107,92
	Saluran Tersier 6 (kanan)	80,98
	Saluran Tersier 7 (kanan)	112,60

Dalam Tabel 4. saluran sekunder 3 dan 4 merupakan saluran yang mengalir dari depan jalur IGD, sedangkan saluran tersier 3 dan 4 adalah saluran yang mengaliri air ke saluran sekunder 3. Pada ruas saluran sisi kiri, saluran sekunder 1 dan 2 mendapat air dari tersier 1 dan 2 kemudian langsung mengalirkan ke saluran primer. Genangan air berpotensi banjir ini berada pada saluran sekunder 1, sekunder 2, sekunder 5, tersier 6 dan tersier 5 seperti tampak dalam Gambar 3. Denah

Saluran Drainase RSUD Kota Bogor, yang bertanda kuning. Volume genangan air hujan pada saluran-saluran tersebut ditampilkan dalam Tabel 5. Volume Genangan Hujan di RSUD Kota Bogor.

**Tabel 5** Volume Genangan Hujan di RSUD Kota Bogor

No	Lokasi	Volume	
1	Jalur dari IGD (depan SIM RS)	8,72	m3
2	Taman CVE (berdampak ke selasar)	3,01	m3
3	Area parkir mobil management (depan HRD)	21,84	m3
4	Jalur ke forensik	23,9	m3
Total		57,48	m3

Volume genangan pada Tabel 5 didapatkan berdasarkan hasil pengukuran rata-rata di lapangan setiap hujan deras selama satu bulan. Melihat kondisi existing terdapat beberapa saluran yang terputus sehingga menyebabkan tidak maksimalnya air hujan yang tersalurkan, maka peremajaan saluran perlu dilakukan agar fungsinya optimal. Berdasarkan volume tersebut, dilakukan perancangan saluran pengembangan untuk mengurangi genangan kemudian dilakukan analisis hidrologi. Selain sebagai evaluasi, analisis juga dilakukan agar mendapatkan debit tampungan air hujan yang dibutuhkan guna menerapkan konsep *Zero Run Off System* (ZROS).

Konsep ZROS ini harus diterapkan pada setiap bangunan agar debit air yang mengalir ke sistem saluran drainase tidak bertambah. Menurut Lestari (2016), beberapa teknologi dari konsep ZROS adalah Sistem Pengumpul Air Hujan, Sumur Resapan Air Hujan dan Kolam Resapan Air Hujan. Penjelasan tersebut, sejalan dengan aturan yang tercatat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014) bahwa ZROS diterapkan guna meringankan beban air sungai yang menjadi hilir buangan air hujan di area RS. Selain itu, dengan menerapkan ZROS pada RS dan sebagai wujud menaati aturan pemerintah yang tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014), konsep ZROS juga dapat melindungi alam dari ancaman bencana banjir serta menampung dan menyerap limpasan yang terjadi (Muhammad, 2016).



Keterangan :

- Saluran primer
- Saluran sekunder
- Saluran tersier

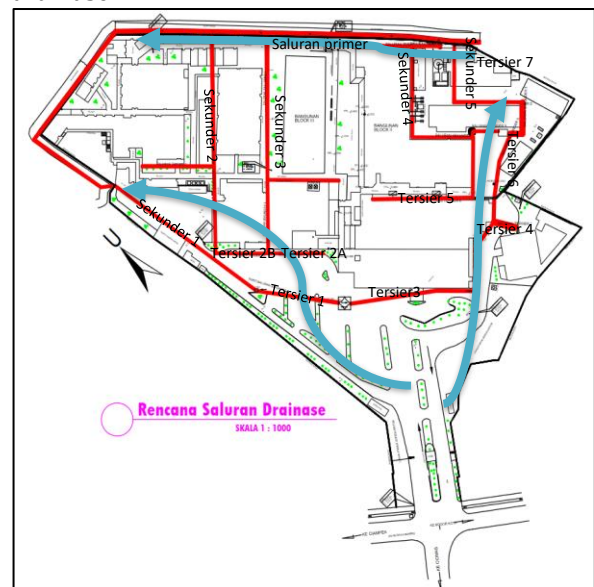
**Gambar 4** Skematis Sistem Drainase Existing

Skematis sistem saluran drainase existing dapat dilihat dalam Gambar 4 dimana saluran primer yang bertanda merah adalah saluran yang bersinggungan dengan rusunawa dan saluran tersier merupakan limpasan debit dari gerbang utama yang bersinggungan dengan jalan raya ke dalam area RSUD Kota Bogor (sebelum masuk ke area RS, ada gorong-gorong yang dikelola pemerintah sebagai batas area kota dengan RS, sehingga air dari jalan raya-luar area RS masuk ke gorong-gorong tersebut).

Agar debit air dapat dialirkan maksimal ke dalam kolam detensi dan mengatasi sumbatan di saluran existing yang terdampak pembangunan, dibuat beberapa perubahan jalur saluran berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014) Bab II Pasal 5 Ayat 2, yaitu jaringan drainase perkotaan yang terdiri dari saluran induk/primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran lokal, bangunan peresapan, bangunan tampungan beserta sarana pelengkap yang berhubungan secara sistemik satu dengan lainnya. Pada perencanaan ini, saluran primer merupakan kanal buatan sebagai penangkap

air buangan di area RSUD Kota Bogor dan sekitar Rusunawa.

Saluran yang dikembangkan ini adalah saluran tersier yang memotong bangunan di kotak berwarna putih pada Gambar 4 Skematis Sistem Drainase Existing. Pada saat pembangunan, memang saluran yang memotong area pembangunan telah dibuatkan jalur pengganti, namun ternyata itu tidak mampu menampung sisa buangan air hujan dari bangunan sekitarnya, sehingga perlu ada penyesuaian jalur sistem drainase.



**Gambar 5.** Denah Rencana Pengembangan Saluran

Pada Gambar 5 Denah Rencana Pengembangan Saluran, terlihat penambahan saluran menjadi tersier 2A dan 2B juga pergeseran saluran Sekunder 1. Saluran tersebut direncanakan agar dapat mengurai genangan berpotensi banjir saat hujan deras dengan membagi buangan air hujan ke dalam tiga saluran yaitu saluran sekunder 2, saluran sekunder 3, dan sekunder 1. Dimana debit banjir banyak terkumpul di antara saluran tersier 1, tersier 2A dan tersier 2B.

Selain pengembangan pada saluran sekunder 1, dilakukan pula pengembangan pada saluran sekunder 4 seperti terlihat pada Tabel 6. Saluran sekunder 4 ini awalnya memiliki panjang 54,85 m, sehingga air hujan disekitarnya menggenang dan masuk ke saluran sekunder 5, sehingga pada saluran tersebut sering tergenangi air. Pada rencana pengembangan, pangan saluran sekunder 4 diperpanjang untuk memitong air yang tergenang, sehingga genangan air terbagi ke saluran sekunder 5 dan saluran sekunder 4.

**Tabel 6** Rencana Saluran

No	Ruas Saluran	Panjang Saluran (L)
		(m)
1	Saluran Primer (Gorong-gorong Depan Rusun)	289,62
2	Saluran Sekunder 1	125,61
3	Saluran Sekunder 2	103,69
4	Saluran Tersier 1	35,00
5	Saluran Tersier 2A	25,77
6	Saluran Tersier 2B	26,85
7	Saluran Sekunder 3	103,16
8	Saluran Tersier 3	35,25
9	Saluran Sekunder 4	116,88
10	Saluran Tersier 4	27,70
11	Saluran Tersier 5	14,63
12	Saluran Tersier 6	48,99
13	Saluran Sekunder 5	220,86
14	Saluran Tersier 7	10,56

**Perencanaan Sistem Pengendalian Air Hujan**

Perencanaan sistem pengendali genangan yang disebabkan oleh hujan ini dimulai dengan melakukan analisis curah hujan rencana agar mendapatkan nilai hujan maksimum dalam periode ulang tertentu. Nilai hujan maksimum tersebut kemudian dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana. Pada perencanaan Sistem Pengelola Air Hujan (SPA) di RSUD Kota Bogor, data curah hujan 10 tahun terakhir dengan periode ulang 10 tahun yang disajikan pada Tabel 7 Data curah hujan harian maksimum.

**Tabel 7** Data curah hujan harian maksimum

No	Tahun	Xi
		(mm)
1	2013	97.40
2	2014	169.10
3	2015	155.80
4	2016	108.60
5	2017	117.60
6	2018	134.50
7	2019	141.00
8	2020	122.90
9	2021	95.90
10	2022	155.20
Jumlah		1298.00
Rata <sup>2</sup>		129.80

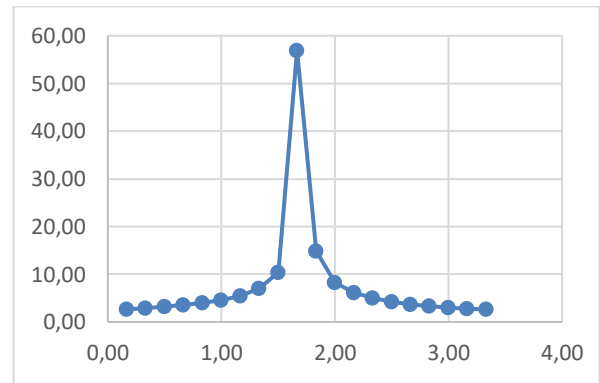
Tabel 7 data curah hujan harian maksimum yang digunakan adalah data curah hujan harian dari BMKG Jawa Barat yang kemudian data curah hujan tersebut dilakukan sebaran uji distribusi normal dengan hasil pada Tabel 8.

**Tabel 8** Hasil Sebaran Uji Distribusi

No.	Periode (Thn)	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson III
1	2	129,80	127,52	126,34	127,15
2	5	151,23	150,80	156,79	150,71
3	10	162,46	164,65	176,96	164,38
4	20	195,62	213,45	188,49	200,04
5	50	203,28	226,63	203,51	190,40
6	100	189,24	203,06	215,20	200,34

Berdasarkan perhitungan nilai curah hujan rencana menggunakan empat distribusi probabilitas didapat hasil perhitungan metode Gumbel yang memiliki tingkat penyimpangan terkecil dan kemudian distribusi gumbel ini dilakukan uji kesesuaian Uji Chi Square. Hasil perhitungan chi kuadrat untuk distribusi gumbel dapat disimpulkan dengan tingkat kepercayaan 95% dan kesalahan 5% distribusi gumbel dapat diterima karena nilai chi kuadrat lebih kecil dari chi kritik (0,400 < 3,841).

Perbandingan intensitas curah hujan ditampilkan dalam grafik ditampilkan dalam Gambar 6.



**Gambar 6** Grafik Perbandingan Intensitas Curah Hujan Terhadap Durasi Hujan.

Hasil perhitungan intensitas curah hujan tersebut kemudian digabungkan dengan data perencanaan saluran untuk analisa debit banjir. Rumus umum debit yang biasa dipakai adalah:  $Q=0,002778 C.I.A$  namun untuk mendapatkan debit rencana, terlebih dahulu dihitung waktu terkonsentrasi.

Dapat dilihat pada Tabel 8 Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi dimana untuk waktu konsentrasi saluran primer selama 12,5 menit atau 0,209 jam. Untuk saluran sekunder terlama yaitu pada saluran sekunder 5 yaitu selama 10,3 menit dengan panjang saluran 220,85 m yaitu saluran sekunder paling panjang dari saluran sekunder

lainnya, sedangkan untuk saluran tersier yaitu saluran tersier 2A selama 4,6 menit dengan panjang saluran 4,6 m yaitu saluran tersier terpanjang dari pada saluran tersier lainnya.

**Tabel 9** Hasil Perhitungan Waktu Konsentrasi

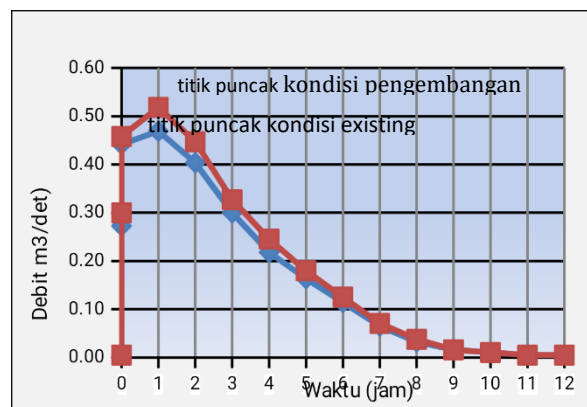
No	Ruas Saluran	Waktu Konsentrasi	
		Tc	
		(menit)	(Jam)
1	Saluran Primer	12,5	0,209
2	Saluran Sekunder 1	6,5	0,109
3	Saluran Sekunder 2	6,5	0,108
4	Saluran Tersier 1	4,3	0,072
5	Saluran Tersier 2A	4,6	0,077
6	Saluran Tersier 2B	4,0	0,066
7	Saluran Sekunder 3	5,8	0,096
8	Saluran Tersier 3	4,3	0,072
9	Saluran Sekunder 4	7,9	0,132
10	Saluran Tersier 4	3,3	0,054
11	Saluran Tersier 5	4,4	0,073
12	Saluran Tersier 6	4,0	0,066
13	Saluran Sekunder 5	10,3	0,171
14	Saluran Tersier 7	4,4	0,073

Data pendukung lainnya untuk mendapatkan nilai debit rencana adalah nilai koefisien pengaliran (C) dimana nilai tersebut ditentukan berdasarkan kondisi *catchment area*. Apakah kondisi sekitar dipenuhi bangunan, RTH atau jalan beraspal. jika area tersebut merupakan bangunan gedung, maka nilai C adalah 0,95 dilihat berdasarkan ripe daerah aliran. Jika area tersebut merupakan jalan beraspal, maka nilai C adalah 0,1 (lihat Tabel 3 Nilai C Berdasarkan Tipe Daerah Aliran). Tabel 9 menyajikan debit rencana pada periode ulang 10 tahun. Output nilai debit limpasan berguna untuk menghitung unit hidrograf yang nantinya dapat menunjukkan kebutuhan kolam detensi. Hidrograf ini menggambarkan hubungan antara debit dengan waktu, dimana keduanya disajikan dalam bentuk grafik. Umumnya hujan pada satu wilayah tertentu memiliki pola distribusi hujan untuk hujan jam-jaman. Pada kejadian hujan di lokasi ini, sebelumnya debit limpasan yang mengakibatkan genangan bahkan banjir di area-area tertentu (pada Tabel 5 Volume Genangan Hujan di RSUD Kota Bogor) mencapai 57,48 m<sup>3</sup> yang tersebar di beberapa titik area RS. Genangan-genangan tersebut disebabkan karena adanya pengembangan kawasan dari kegiatan revitalisasi tahap 1 sampai tahap 3. Setelah dilakukan analisis, tampungan yang dibutuhkan adalah 72,35 m<sup>3</sup> dengan perhitungan disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9** Hasil Perhitungan Debit

No	Ruas Saluran	Panjang Saluran	Q Rencana (Qr)
		(m)	( m <sup>3</sup> /dtk ) 10 Tahun
1	Saluran Primer	289,62	37,81
2	Saluran Sekunder 1	125,61	71,16
3	Saluran Sekunder 2	103,69	64,93
4	Saluran Tersier 1	35	93,84
5	Saluran Tersier 2A	25,77	89,21
6	Saluran Tersier 2B	26,85	98,87
7	Saluran Sekunder 3	103,16	70,28
8	Saluran Tersier 3	35,25	93,32
9	Saluran Sekunder 4	116,88	62,46
10	Saluran Tersier 4	27,70	113,07
11	Saluran Tersier 5	14,63	92,90
12	Saluran Tersier 6	48,99	99,14
13	Saluran Sekunder 5	220,86	52,51
14	Saluran Tersier 7	10,56	92,77

Berdasarkan data yang sudah dihitung (Tabel 9), didapatkan perbandingan titik puncak debit kondisi pengembangan dan kondisi existing (Gambar 7).



**Gambar 7** Unit Hidrograf

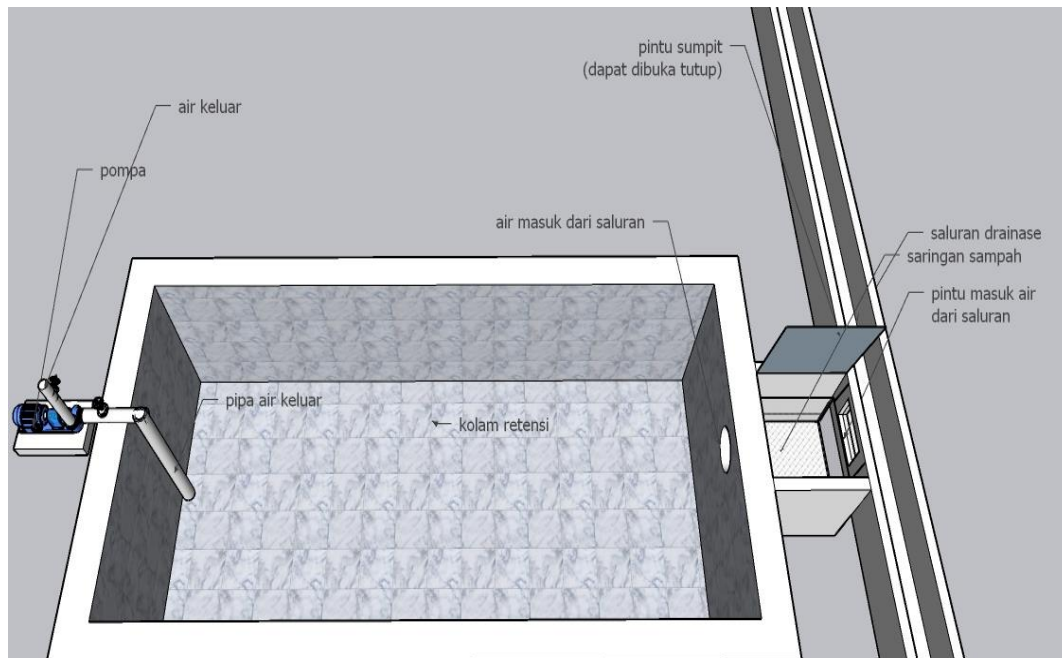
Gambar 7 Unit Hidrograf ini menunjukkan bahwa titik puncak pada kondisi existing dan pengembangan terjadi pada satu jam pertama saat hujan lebat dengan debit existing 0,48 m<sup>3</sup>/detik dan debit pengembangan 0,52 m<sup>3</sup>/detik.

### Desain ZROS

Perancangan Desain SPAH dirancang berdasarkan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 2014) dan menyesuaikan kebutuhan RSUD Kota Bogor. Kolam detensi itu sendiri direncanakan berdasarkan (Peraturan Kementrian Pekerjaan Umum Nomor 8 2020) Lampiran II. Didesain untuk meminimalisir air yang mengalir di sekitar area tangkapan air hujan meluap

ke luar area, bangunan pengendali banjir ZROS ini juga dilakukan pada penelitian (Wirasembada, 2014) untuk memanfaatkan limpasan permukaan dan mengkonversinya menjadi cadangan air tanah dengan menggunakan bangunan resapan. Lestari et al., 2019) mengaplikasikan ZROS untuk pemanenan air hujan (RWH) di perkotaan sebagai strategi untuk mengatasi kekurangan air, degradasi sungai perkotaan dan banjir. Kolam detensi dibuat menjadi tiga fungsi. Pertama sebagai penampung air. Kedua,

jika memungkinkan, air tumpungan digunakan untuk menyiram tanaman dengan bantuan pompa biasa atau difungsikan sebagai GWT untuk hydran dengan pompa yang disesuaikan dengan kebutuhan. Pada praktiknya, pemanfaatan sebagai GWT membutuhkan rencana yang matang karena kolam detensi ini tidak terisi pada musim kemarau. Ketiga, area atas kolam detensi dapat digunakan untuk jalan (mobilitas orang jalan).



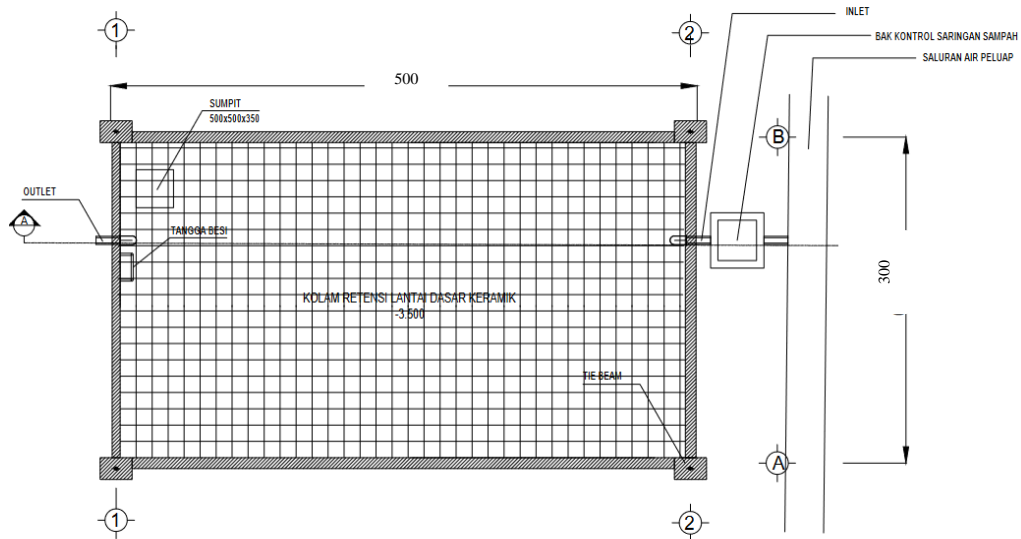
**Gambar 8** Rencana Kolam Detensi

Oleh karena itu, dinding dan kolom struktur kolam detensi harus disesuaikan agar aman untuk pengguna jalan. Pada rancangan ini, digunakan tie beam sebagai tumpuan dan kolom yang saling mengikat dengan balok untuk menguatkan struktur seperti terlihat dalam Gambar 9. Agar mencegah kebocoran pada dinding-dinding kolam ditutup dengan keramik dinding. Selain agar tidak bocor, dinding keramik ini berfungsi untuk memudahkan pembersihan. Setidaknya satu samapu dua kali dalam setahun, teknisi perlu melakukan pengecekan kolam detensi sebagai wujud pemeliharaan baik dari kualitas pompa, daya tampung kolam dan sistem kerja saringan pada bak kontrol.

Di atas kolam detensi ada tutup sumpit dan dilengkapi tangga dibawahnya untuk memudahkan pemeliharaan seperti ditampilkan pada Gambar 8. Sebelum air hujan yang mengalir ke saluran buangan masuk ke dalam kolam, terdapat saringan

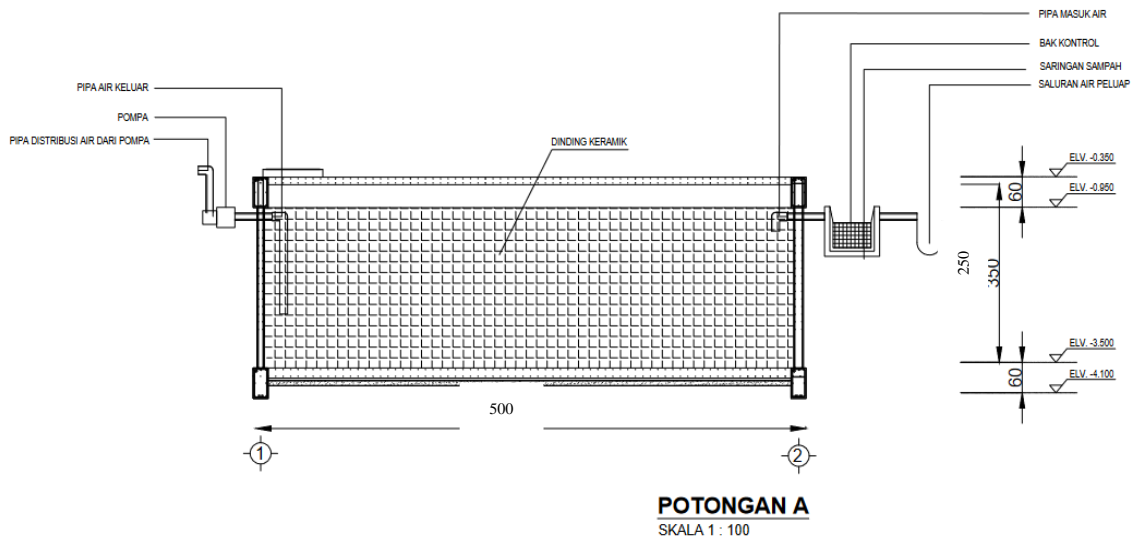
sampah yang dapat diangkat jika sampahnya sudah banyak. Saringan sampah ini mengait pada bak kontrol yang ditutup plat besi. Fungsi penutup berbahan plat besi adalah agar air hujan yang masuk dalam bak kontrol tidak membawa sampah. Secara tidak langsung plat besi ini membantu kerja saringan dalam bak kontrol. Selain itu, pada saat tidak hujan, plat besi berfungsi sebagai penutup yang tahan beban. Tidak menutup kemungkinan petugas atau pengunjung menginjak plat besi/penutup bak kontrol saat berjalan. Penutup plat besi serta engsel buka tutupnya juga perlu dipelihara agar tidak karatan.

Gambar 9 menunjukkan dimensi untuk kedua kolam detensi, yaitu 5 m x 3 m untuk panjang dan lebar dengan kedalaman 2,5 m (lihat Gambar 10 pada potongan rencana kolam) sehingga kolam dapat menampung 75 m<sup>3</sup> air dari kebutuhan volume tampungan 72,35 m<sup>3</sup>.



**DENAH RENCANA**  
 SKALA 1 : 100

**Gambar 9** Denah Rencana Kolum Detensi



**POTONGAN A**  
 SKALA 1 : 100

**Gambar 10** Potongan Rencana Kolum Detensi

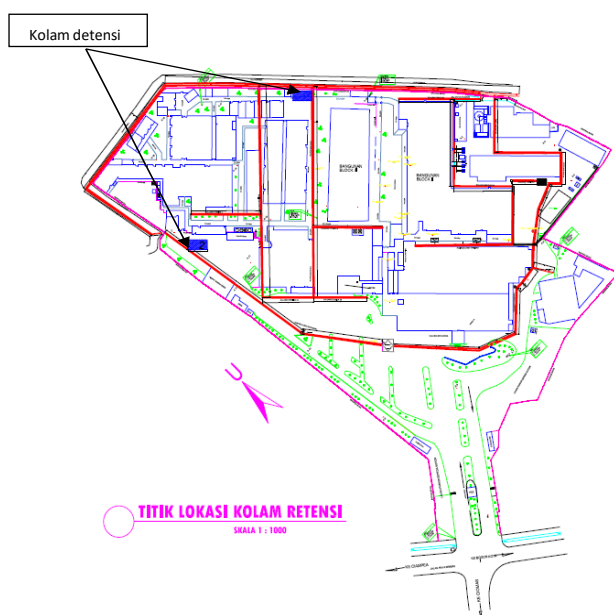
Pada Gambar 10 terlihat potongan rencana kolum detensi dengan keterangan elevasi bak kontrol dan kedalaman kolum. Dimana elevasi ini berfungsi untuk membawa air dari saluran masuk ke dalam bak kontrol dan kemudian ke dalam kolum.

Kolum detensi dibuat pada samping saluran. Selain mengacu pada aturan, kolum detensi juga direncanakan menyesuaikan lahan kosong yang cukup luas dan tidak menjadi rencana

pembangunan revitaliasasi tahap selanjutnya. Mengingat area kosong yang mendukung pembangunan kolum ini tidak terlalu luas. Lokasi rencana pembuatan kolum detensi juga jadi lebih efektif untuk membatu pasokan air bersih untuk kebutuhan membersihkan kendaraan atau menyiram tanaman karena dekat dengan kantor kendaraan dan pertamanan. Diharapkan dengan adanya kolum detensi, debit banjir tidak hanya berkurang, tetapi air hujan yang ditampung dapat dimanfaatkan.

Dalam mengatasi permasalahan genangan air hujan yang berpotensi banjir dengan kondisi sedang menjalankan pembangunan, manajemen terlebih dahulu memastikan aliran air dan saluran drainase berfungsi dengan baik saat hujan deras. Penting juga memperhatikan hasil pengukuran elevasi tanah (peta kontur) agar saat pengerjaan pengembangan saluran, *leveling* air mengalir dari hulu ke hilir. Setelah melakukan identifikasi, kemudian titik yang sudah ditentukan, dibuat rencana pekerjaan, walaupun lokasi pekerjaan ada pada jalur jalan yang jarang dilalui pengunjung/petugas, pengamanan lokasi tetap diperlukan. Dalam melaksanakan pekerjaan, perlu juga disepakati spesifikasi bahan dan pekerjaan serta waktu penyelesaian karena itu akan sangat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan.

Berdasarkan hasil perhitungan debit rencana dan diagram hidrograf, dibutuhkan kolam detensi dengan ukuran 5 m x 3 m di sisi kanan lokasi penelitian yang menampung air dari saluran sekunder 1, tersier 2A dan teriser 2B. Ukuran 5 m x 3 m tengah lokasi penelitian yang menerima air dari sebagian saluran sekunder 5. Sebaran lokasi kolam detensi dapat dilihat pada Gambar 11 Rencana Pengembangan, ditandai dengan kotak berwarna biru. Lebih tepatnya titik kolam detensi ini dekat dengan ujung bangunan RS. Harapannya semua air terkumpul ke dalam kolam sebelum air tersebut keluar bangunan seperti konsep ZROS (mengalirkan limpasan ke dalam kolam).



Gambar 11 Rencana Pengembangan

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hidrologi yang dilakukan, volume tampungan yang dibutuhkan setelah dilakukan pengembangan saluran drainase, yaitu 72,35 m<sup>3</sup>. Analisis hidrologi terhadap kondisi lahan menghasilkan rancangan pengendali genangan air hujan yaitu kolam detensi sebanyak 2 titik berukuran 5 x 3 m dengan tinggi 2,5 m yang dibuat pada jalur saluran sekunder 5 dan sekunder 1 dimana kedua saluran ini merupakan saluran yang memiliki debit tinggi di antara 14 saluran lainnya. Rencana dua kolam detensi dapat menampung limpasan air hujan sebanyak 75 m<sup>3</sup>. Diharapkan dengan adanya kolam detensi, debit banjir tidak hanya berkurang, tetapi air hujan yang ditampung dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan non domestik seperti untuk mencuci kendaraan atau menyiram tanaman. Lebih baik lagi jika air dapat di uji dan menjadi bantuan pasokan untuk *Ground Water Tank* (GWT).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada RSUD Kota Bogor yang telah memberikan kepercayaan dan kesempatan untuk penulis dalam mengakses semua data teknis yang dibutuhkan dan pihak yang turut membantu dalam pengumpulan data dan penyusunan naskah untuk penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L., Ansyori, A., & Rusdian Ikawati, F. (2022). *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pasien Berobat ke Rumah Sakit Prima Husada Malang*. 1–6. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*, 08(2). <https://doi.org/10.30651/jkm.v8i2.16475>
- Ardani, F., Caesaron, D., & Kusnaty, A. (2023). Design of a Flood Barrier with Developed IoT-Based Flood Detection and Monitoring Systems. *Jurnal Teknik Industri*, 25(2). <https://doi.org/10.9744/jti.25.2.111-120>
- Christian, K., Yudianto, D., & Rusli, S. R. (2017). Analisis Pola Distribusi Hujan Terhadap Perhitungan Debit Banjir Das Cikapundung Hulu (Time-Distribution Analysis for Flood Discharge Computation Case Study Upper Cikapundung Watershed). *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(3), 153–160.
- Dewi, R., Limantara, L. M., & Soetopo, W. (2016). Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Di Sub DAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*, 7, 107–116.

- Fachruddin. (2014). *Rancang Bangun Pemanenan Air Hujan Pada Kebun Pala di Kabupaten Aceh Selatan*. [Thesis]. IPB
- Handajani, N. (2005a). Analisa Distribusi Hujan dengan Kala Ulang Tertentu. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 1(3), 1–13.
- Handajani, N. (2005b). Analisa Distribusi Hujan dengan Kala Ulang Tertentu. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 1(3), 1–13.
- Heryani, N., Irianto, C., & ~ujilestari', N. (2002). Pemanenan Air untuk Menciptakan Sistem Usahatani yang Berkelanjutan (Pengalaman di Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta) Water Harvesting for Supporting Sustainable Upland Farming System (Experience in Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta). In *Bul. Agron* (Issue 30).
- Hidayat, R., & Fariyah, A. W. (2020). Identification of the changing air temperature and rainfall in Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(4), 616–626. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.4.616-626>
- Ihsan Muhammad. (2016). Perancangan Sistem Zero Runoff Di Kampus IPB Darmaga, Bogor, Jawa Barat [Thesis]. (Vol. 147, Issue March). Institut Pertanian Bogor.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2012). Buku jilid ID tata cara perencanaan kolam detensi, kolam retensi & sistem polder. In A. A. M. D. S. S. Puntarawan (Ed.), *Direktorat Pengembangan Kesehatan Lingkungan Permukiman* (4th ed.).
- Kementerian Pekerjaan Umum RI. (2013). Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- La Gandri. (2018). *Strategi Konservasi Sumberdaya Air dalam Rangka Pencegahan Banjir Pada Kawasan Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Kendari)* [Thesis]. IPB.
- Lestari, E. (2016). Penerapan Konsep Zero Runoff Dalam Mengurangi Volume Limpasan Permukaan (Perumahan Puri Bali, Depok). *Jurnal Forum Mekanika*, 5(1), 27–34. <https://stt-pln.ejournal.id/forummekanika/article/download/638/389>
- Lestari, E., Makarim, C. A., & Pranoto, W. A. (2019). Zero run-off concept application in reducing water surface volume. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012019>
- Mori, K. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan* (Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, Ed.). PT. Pradnya Paramita.
- Muhammad Yusuf, R., Rachmat Suganda, B., Nursiyam Barkah, M., Arfiansyah, K., Padjadjaran Jl Raya Bandung-Sumedang Km, U., Sumedang, K., & Barat, J. (2021). Analisis Debit Banjir Dengan Membandingkan Nilai Debit Banjir Metode Rasional Dan Kapasitas Debit Aliran Sungai Pada Sub-DAS Ciwaringin Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 5(4), 424–432.
- Omie Naufal Rozi. (2016). *Pemetaan Kawasan Banjir Di Kabupaten dan Kota Bogor Menggunakan Sistem Informasi Geografis* [Skripsi]. IPB.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, Pub. L. No. 12, Kementrian 1 (2014).
- Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 8 Tahun 2020 Petunjuk Operasional Penyelenggaraan Dana Alokasi Khusus Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pub. L. No. 08, Kementrian 1 (2020).
- Prabowo, A. S., Mahmud, & Mahmud, D. (2014). Pengembangan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan Gama I Terhadap Hidrograf Satuan Observasi Di DAS Katingan. *Sustainable Technology Journal* Available On, 3(2), 66–70. <http://jtb.ulm.ac.id>
- Putra Ramadhani Astyawan. (2022, August 29). Ruang Poliklinik RSUD Kota Bogor Terendam Banjir. *Metro Sindonews*. <https://metro.sindonews.com/read/870291/170/ruang-poliklinik-rsud-kota-bogor-terendam-banjir-1661785710>
- Teguh Permana Putra. (2018). *Perancangan Dan Pemanfaatan Penampung Air Hujan Skala Unit Rumah Di Perumahan Alam Sinar Sari Dramaga* [IPB University]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/93578>
- Vivi Febrianti. (n.d.). Waduh, Hujan Deras Ruangan RSUD Kota Bogor Tergenang. <https://Bogor.Tribunnews.Com>
- Wahjudi, D., Kwanda, T., & Sulis, R. (2018). The Impact of After-sales Service Quality on Customer Satisfaction and Customer Loyalty of Middle-upper Class Landed Housings. *Jurnal Teknik Industri*, 20(1), 65–72. <https://doi.org/10.9744/jti.20.1.65-72>
- Yanuar Chandra Wirasembada. (2014). Pengembangan Konsep Zero Runoff System (ZROS) untuk Optimalisasi Kadar Air Tanah pada Lahan Perkebunan Non Irigasi. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 2, 125–132. <https://doi.org/10.19028/jtep.02.2.%25p>
- Yudistira, D., & Christian Hamonangan Hutauruk, R. (2021). Peluang Bencana Banjir Pada Saat Hujan

Lebat dan Sangat Lebat Di Kawasan Pantura Provinsi Jawa Barat Peluang Bencana Banjir Pada Saat Hujan Lebat dan Sangat Lebat di Kawasan Pantura Provinsi Jawa Barat. *Buletin GAW Bariri*, 2(1), 16–23.  
<https://doi.org/10.31172/bgb.v2i1.34>

Zain, A. F. M. ; S. A. H. S. (2010, November 10). *Deteksi penurunan ruang terbuka hijau dan dampaknya terhadap peningkatan kawasan rawan banjir di Kota Padang*. Proceedings of IPB (Bogor Agricultural University). Bogor: 10 November 2010. Hal. 1-7.