

## EKO-DRAINASE DENGAN SUMUR RESAPAN UNTUK PENANGANAN BANJIR BERWAWASAN LINGKUNGAN

Meilani Belladona<sup>1\*</sup>, Reto Indra Gunawan<sup>2</sup>, Fenty Wisnu Wardhani<sup>3</sup>, Alex Surapati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH  
Jl. Ahmad Yani No. 1, Kota Bengkulu 38115

<sup>4</sup>Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu  
Jl. WR Supratman Kandang Limun, Kota Bengkulu 38126

\*)email: meilanibelladona@gmail.com

Diterima : 10 November 2024  
Direvisi : 24 Februari 2024

Disetujui : 27 Februari 2024  
Diterbitkan : 31 Mei 2024

**Abstract:** Rawa Makmur is located in Muara Bangka Hulu District, Bengkulu City, with an area of 150 hectares and a population of 1,468 people. This area in the form of a swamp has experienced a 30% change in the shape of the land in a period of 3 years and causes flooding during the rainy season. The existing drainage system is unable to accommodate and drain the river. This problem requires planning an environmentally friendly drainage system design (eco-drainage), one of which is using infiltration wells. This study aims to overcome stagnant water in Rawa Makmur Village by implementing an environmentally oriented drainage system (eco-drainage) using infiltration wells. The data used are primary data (measurement of canal dimensions) and secondary data in the form of rainfall data, topographic surveys, soil testing, and other supporting data which are processed using hydrological analysis and hydraulic analysis. Based on the results of data processing and analysis, it was found that the intensity of rainfall with a return period of 10 years was 11.25 mm/hour and the planned flood discharge was 0.1039 m<sup>3</sup>/s. The calculation results are used to design environmentally sound drainage using infiltration wells. The results of the analysis obtained specifications for the depth of infiltration wells of 1.50 m, a diameter of 0.5 m, and the distance between infiltration wells is 50 m. The planned eco-drainage can accommodate 0.2943 m<sup>3</sup> and can delay water runoff for 3.5846 minutes before seeping into the ground.

**Keywords :** inundation, eco drainage, absorption wells

**Abstrak:** Rawa Makmur terletak di Kecamatan Muara Bangka Hulu Kota Bengkulu dengan luas 150 hektar dan jumlah penduduk 1.468 jiwa. Kawasan yang berupa rawa ini telah mengalami perubahan bentuk lahan sebesar 30% dalam kurun waktu 3 tahun dan menyebabkan banjir pada musim hujan. Sistem drainase yang ada tidak mampu menampung dan mengalirkan sungai. Permasalahan tersebut memerlukan perencanaan desain sistem drainase yang ramah lingkungan (eco-drainage), salah satunya dengan menggunakan sumur resapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi genangan air di Desa Rawa Makmur dengan menerapkan sistem drainase yang berwawasan lingkungan (eco-drainage) dengan menggunakan sumur resapan. Data yang digunakan adalah data primer (pengukuran dimensi saluran) dan data sekunder berupa data curah hujan, survei topografi, pengujian tanah dan data pendukung lainnya yang diolah menggunakan analisis hidrologi dan analisis hidrolis. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data diperoleh intensitas curah hujan dengan kala ulang 10 tahun sebesar 11,25 mm/jam dan debit banjir rencana sebesar 0,1039 m<sup>3</sup>/s. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk merancang drainase ramah lingkungan dengan menggunakan sumur resapan. Hasil analisa diperoleh spesifikasi kedalaman sumur resapan 1,50 m, diameter 0,5 m, jarak antar sumur resapan 50 m. Eco-drainase yang direncanakan mampu menampung 0,2943 m<sup>3</sup> dan mampu menunda limpasan air selama 3,5846 menit sebelum merembes ke dalam tanah.

**Kata kunci :** genangan, ekodrainase, sumur resapan

### 1. PENDAHULUAN

Banjir adalah bencana alam, sering terjadi di

kawasan Indonesia terutama pada musim penghujan. Rawa Makmur merupakan salah satu Kelurahan di

Kecamatan Muara Bangka Hulu berada di pinggir Kota Bengkulu dengan luas 150 Ha dan jumlah penduduk 1.468 jiwa yang selalu mengalami banjir [1].

Pada awalnya daerah rawa ini merupakan tempat penampung air hujan sebelum akhirnya dialirkan ke sungai. Pemanfaatan lahan di wilayah ini terdiri dari 44,66% rumah, 2,62% perkantoran, 13,12% rawa, 32,25% pertokoan, lahan kosong 7,35% [2]. Tata guna lahan (*land use*) adalah pola atau pewujudan sistem aktivitas kota dalam ruang dan lokasi tertentu. Aktivitas, guna lahan dan lokasi saling berinteraksi dan mempunyai hubungan timbal balik [3], [4].

Pertumbuhan penduduk yang pesat, diiringi aktivitas pembangunan dalam berbagai bidang menyebabkan peningkatan permintaan lahan [5], [6]. Perubahan penggunaan lahan berupa bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke peruntukan lainnya diikuti dengan berkurangnya jenis penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda [7], [8]. Kawasan Rawa Makmur mengalami perubahan penggunaan lahan sebesar 30% dalam 3 tahun terakhir mengakibatkan genangan setiap musim hujan. [1].

Keberadaan lahan pemukiman di Daerah Aliran Sungai (DAS) mengakibatkan beragam masalah, mulai dari banjir, berkurangnya ketersediaan air yang diakibatkan semakin sempitnya lebar sungai hingga terjadinya pencemaran air berdampak penurunan kualitas air sungai, dimana sebagian besar air sungai digunakan untuk menopang kehidupan masyarakat sekitar [9], [10] Kelurahan Rawa Makmur termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu yang mengalami genangan. Ketinggian genangan berkisar 5-50 cm di jalan raya dan mencapai 100 cm di wilayah penduduk terutama yang berbatasan dekat daerah sungai [11].

Perkembangan kawasan hunian yang tidak terkontrol diduga menjadi penyebab meningkatnya frekuensi dan besaran banjir serta genangan di lingkungan sekitarnya [12], [13]. Penyebab genangan di Rawa Makmur selain disebabkan oleh curah hujan dan perubahan tata guna lahan juga dikarenakan drainase yang tidak dapat menampung debit air buangan baik dari hujan maupun buangan rumah tangga dan komersil.

Untuk mengatasi genangan air yang terjadi saat musim hujan maka perlu penambahan fungsi drainase dengan menerapkan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) dengan metode sumur resapan [14]. Penelitian tentang sistem drainase berwawasan lingkungan belum pernah dilakukan di Kota Bengkulu, untuk itu perlu dirancang sistem drainase berwawasan lingkungan guna mereduksi genangan yang terjadi menggunakan sumur resapan pada saluran drainase khususnya di kelurahan Rawa Makmur.

Perancangan sumur resapan untuk menangani genangan pada kawasan permukiman pernah diteliti dan dilaksanakan di kelurahan Rawa Makmur [1]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genangan di kawasan ini disebabkan oleh perubahan tata guna lahan, intensitas hujan yang tinggi, dan sistem drainase yang buruk.

Kelurahan Rawa Makmur dengan sistem drainase yang buruk ditambah dengan kurangnya resapan membutuhkan sistem drainase dengan konsep lingkungan (eko drainase). Eko-Drainase didefinisikan sebagai suatu usaha membuang/ mengalirkan kelebihan air ke sungai dengan waktu seoptimal mungkin sehingga tidak menyebabkan terjadinya masalah kesehatan dan banjir di sungai terkait [15], [16].

Drainase ramah lingkungan merupakan alternatif bagi penanggulangan genangan di Rawa Makmur didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebanyak-banyaknya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai tanpa melebihi kapasitas sungai sebelumnya [17], [18]. Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau.

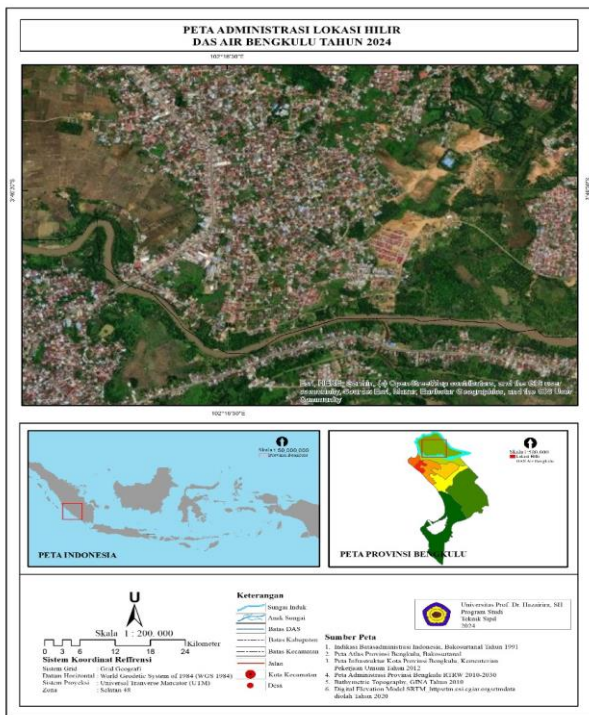
Konsep dasar pengembangan sistem drainase yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, memperbaiki serta mengkonservasi lingkungan [19]–[21]. Sumur resapan yaitu sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan supaya dapat meresap ke dalam tanah [22]. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah [23], [24]. Prinsip kerja sumur resapan ialah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur supaya air dapat sedikit demi sedikit meresap ke dalam tanah. Dengan demikian air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*) [14], [25].

Genangan yang terjadi menimbulkan kerugian dan dampak bagi masyarakat dan lingkungannya [26], [27]. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat rancangan eco drainase dengan menggunakan sumur resapan guna menanggulangi genangan di Kelurahan Rawa Makmur. Penanganan banjir di kawasan ini hanya sebatas normalisasi saluran drainase, sehingga tidak dapat mereduksi genangan dalam waktu cepat. Perancangan eko-drainase pada kawasan ini dapat diterapkan untuk mereduksi genangan mengingat kondisi daerah penelitian yang padat dan dilalui oleh sungai.

## 2. METODE PENELITIAN

Sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) di Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan

Muara Bangkahulu Kota Bengkulu terlihat pada **Gambar 1** menggunakan analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Lokasi ini terletak di hilir DAS Air Bengkulu yang merupakan kawasan rawan banjir. Tahapan penelitian dimulai dari observasi lapangan menggunakan alat ukur dan pengumpulan data yang terdiri dari data tata guna lahan, data penduduk, data hidrologi dan data hidrolika.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

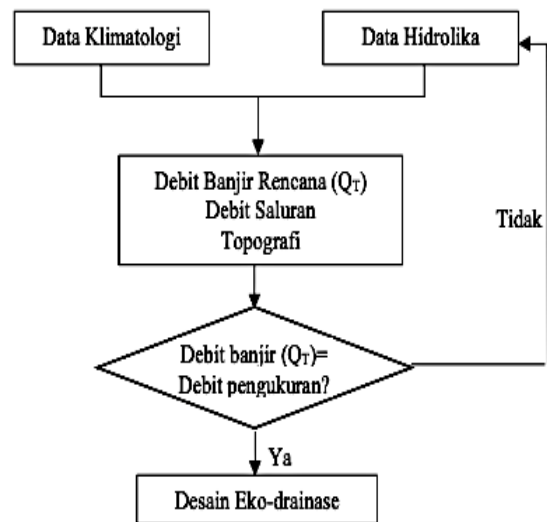
Tahapan analisis ditunjukkan dalam **Gambar 2**. Analisis hidrologi terdiri atas analisis curah hujan, debit banjir rencana, dan debit saluran. Data curah hujan diambil dari pos penakar hujan Muara Bangkahulu. Data yang diambil berupa data *time series* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Data curah hujan dianalisis menggunakan distribusi Gumbel, distribusi normal, distribusi Log Pearson III dan distribusi Log Normal. Setelah dianalisis menggunakan distribusi frekuensi lalu diuji kecocokan metode yang memenuhi syarat untuk perhitungan lebih lanjut menggunakan uji *chi kuadrat*.

**Analisis Curah Hujan (X<sub>T</sub>)**

Perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan **Persamaan 1**.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \tag{1}$$

Perhitungan dengan distribusi log normal adalah jika  $Y = \log X$ , maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan **Persamaan 2**.



Gambar 2. Tahapan analisis

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \tag{2}$$

Distribusi Log-Pearson III jika  $Y = \log X$ , maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan **Persamaan 3**.

$$X_T = \overline{\log X} + K_T \cdot S \tag{3}$$

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai variabel gumbel (**Persamaan 4** sampai dengan **Persamaan 7**).

$$X_T = \bar{X} + Y_T \cdot \frac{Y_n}{S_n} \tag{4}$$

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i + \bar{X})^2 \right] \tag{5}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \tag{6}$$

$$K_T = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \tag{7}$$

$\sum x$  adalah nilai total dari tahun ke 1 sampai ke n dengan nilai rata - rata  $\bar{X}$  dan standar deviasi S berdasarkan periode waktu proyeksi ( $n$ ). Nilai K merupakan faktor probabilitas berdasarkan distribusi yang digunakan. Pada distribusi Gumbel nilai *reduced variate* ( $Y_{Tr}$ ), *reduced mean* ( $Y_n$ ) dan *reduced standard deviation*. ( $S_n$ ) diperoleh dari tabel distribusi Gumbel untuk menghitung faktor frekuensi ( $K_T$ ).

**Analisis Intensitas Hujan (I<sub>T</sub>)**

Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan per-satuan jangka waktu tertentu [20]. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, hanya terdapat data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus *Mononobe* (lihat **Persamaan 8**).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^2 \quad (8)$$

Dimana I adalah Intensitas hujan (mm/jam),  $t_c$  adalah waktu konsentrasi,  $R_{24}$  = Curah hujan maximum harian (selama 24 jam) (mm). BMKG di Kota Bengkulu tidak memiliki alat penakar hujan otomatis sehingga data yang digunakan adalah data curah hujan titik.

### Analisis Drainase

Kapasitas tampung saluran drainase dapat dihitung, yaitu dengan membandingkan antara debit saluran drainase dengan debit rencana saluran drainase tersebut dalam berbagai periode ulang. Dimensi saluran eksisting dan kecepatan aliran diukur menggunakan alat ukur.

Prosedur perhitungan debit banjir rencana dimulai dengan menghitung koefisien aliran berdasarkan jenis tata guna lahan yang ada dengan menggunakan **Persamaan 9**.

$$C_{Das} = \frac{\sum C.A}{A} \quad (9)$$

$C_{Das}$  adalah koefisien pengaliran DAS berdasarkan tata guna lahan, C adalah koefisien aliran dan A adalah luas DAS (km<sup>2</sup>). Langkah selanjutnya adalah menghitung waktu konsentrasi ( $t_c$ ) dengan **Persamaan 10**.

$$t_c = t_o + t_d \quad (10)$$

Dimana  $t_c$  adalah waktu konsentrasi (jam),  $t_o$  adalah *inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir dipermukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam) dan  $t_d$  adalah *conduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir didalam saluran terdekat (jam) (lihat **Persamaan 11**).

$$T = \left[ \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right]^{0,385} \quad (11)$$

$t_o$  adalah *inlet time*, ke saluran drainsase terdekat (menit),  $L_o$  merupakan jarak aliran terjauh diatas tanah hingga saluran terdekat (meter) dan  $s_o$  adalah kemiringan permukaan tanah yang dilalui aliran di atasnya.

$$t_d = \frac{1}{3600} \frac{L_1}{V} \quad (12)$$

Dimana  $L_1$  adalah jarak yang ditempuh aliran didalam saluran ketempat pengukuran (m) dan  $V$  adalah kecepatan aliran didalam saluran (m/det). Selanjutnya debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan rumus Rasional (Metode Rasional) sebagaimana pada **Persamaan 13**.

$$Q = 0,00278.C.I.A \quad (13)$$

Metode Rasional dipakai apabila luas lahan <80 hektar dengan faktor konversi 278 dari mm<sup>3</sup>/jam menjadi m<sup>3</sup>/det. (0.001 m/3600 det) x 10000 m<sup>2</sup>, I adalah Intensitas curah hujan (mm/jam) serta V ialah kecepatan aliran pada saluran.

Drainase di Kelurahan Rawa Makmur berdasarkan penelitian terdahulu [11] hanya ada di satu sisi jalan sehingga tidak mampu menampung debit yang masuk. Kondisi fisik drainase tersedimentasi dan pada pembuangan akhir yaitu sungai diatur oleh pintu air, tetapi kondisi pintu air rusak berat sehingga tidak berfungsi. Guna mengetahui debit saluran drainase maka dapat dihitung dengan **Persamaan 14**.

$$Q = V \times A \quad (14)$$

Dimana Q adalah debit saluran dalam satuan m<sup>3</sup>/detik, V adalah kecepatan aliran di saluran dalam m/detik, dan A merupakan luas penampang basah saluran dalam m<sup>2</sup>.

Perbandingan antara hasil perhitungan debit saluran dan debit banjir rencana dilakukan untuk mengetahui besaran debit yang tidak tertampung oleh drainase. Hasil perhitungan digunakan untuk membuat rancangan drainase berwawasan lingkungan menggunakan sumur resapan untuk mengurangi debit banjir maupun debit limpasan.

### Analisis Sumur Resapan

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan neraca air yang masuk ke dalam sumur dan air yang merembes ke dalam tanah dan dapat dituliskan seperti pada **Persamaan 15**.

$$H = \frac{Q}{F.K} \left[ 1 - e^{-\frac{F.K.T}{\pi R^2}} \right] \quad (15)$$

Debit resapan air hujan ( $Q_{resapan}$ ) yang masuk kedalam tanah dihitung menggunakan **Persamaan 16**.

$$Q_{resapan} = F.K.H \quad (16)$$

Debit yang tereduksi dihitung berdasarkan **Persamaan 17**.

$$Q_{reduksi} = Q - Q_{resapan} \quad (17)$$

Berdasarkan perhitungan debit reduksi maka dapat dihitung kapasitas sumur resapan dengan **Persamaan 18**.

$$V_{sumur} = \pi.R.H \quad (18)$$

Waktu yang diperlukan untuk pengisian sumur resapan

dihitung menggunakan **Persamaan 19**.

$$T_{sumur} = \frac{V_{sumur}}{Q_{reduksi}} \quad (19)$$

H merupakan tinggi muka air dalam sumur (m), F adalah faktor geometris (m), Q yaitu debit air masuk ( $m^3/s$ ), T adalah waktu aliran (detik), K merupakan koefisien formalitas tanah (m/s), sedangkan R adalah radius sumur (m).

### 3. HASIL PEMBAHASAN

Lokasi penelitian terletak di Kelurahan Rawa Makmur khususnya pada ruas jalan lintas Sumatera sepanjang 350 m. Kawasan ini merupakan kawasan yang selalu mengalami genangan setiap musim hujan dengan ketinggian mencapai 5-50 cm di jalan raya dan tinggi 100 cm pada kawasan permukiman. Data curah hujan diperoleh dari badan meteorologi, klimatologi dan geofisika (BMKG) pada pos penakar hujan muara bangkahulu seperti terlihat pada **Tabel 1**. Data curah hujan diolah menggunakan analisis statistika yaitu distribusi normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.

**Tabel 1. Data curah hujan**

No	Tahun	$X_i$
1	2011	190.5
2	2012	256.1
3	2013	362.2
4	2014	313.8
5	2015	256.6
6	2016	365.1
7	2017	297.2
8	2018	292.9
9	2019	176.8
10	2020	301.8

Data curah hujan pada **Tabel 1** diolah menggunakan **Persamaan 6** dan **Persamaan 5**. Berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan nilai rata-rata curah hujan tahunan ( $\bar{X}$ ) adalah 281.29 mm dengan standar deviasi sebesar 63.0917. Selanjutnya data curah hujan dianalisis menggunakan dsitribusi frekuensi untuk mendapatkan curah hujan tahunan dengan berbagai periode ulang. Perhitungan menggunakan distribusi normal dihitung dengan **Persamaan 1** dan didapat curah hujan dengan periode ulang 2 tahunan ( $X_2$ ) = 281.2917 mm,  $X_5$  = 334.2887 mm,  $X_{10}$  = 362.047 mm. Perhitungan curah hujan dengan distribusi Gumbel menggunakan **Persamaan 4** dan diperoleh nilai  $X_2$  = 248.7569 mm,  $X_5$  = 249,8903 mm,  $X_{10}$  = 250.6406 mm.

Data curah hujan juga dianalisis dengan distribusi log Normal dan Log Pearson III menggunakan persamaan (3) didapat  $X_2$  = 274.313 mm,  $X_5$  = 336.4476

mm,  $X_{10}$  = 374,4244 mm untuk log Normal, dan  $X_2$  = 287.6277 mm,  $X_5$  = 336.7748 mm,  $X_{10}$  = 357.1785 mm untuk Log Pearson III. Hasil analisis distribusi frekuensi menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang maka curah hujan yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil analisis keempat distribusi kemudian diuji kecocokan menggunakan uji chi kuadrat. Hasil pengujian ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Hasil uji kecocokan**

Jenis Dsistribusi	Perhitungan	Keterangan
Normal		
$C_s \approx 0$	-0.417	Tidak
$C_k \approx 3$	0.352	memenuhi
		Tidak
		memenuhi
Log Normal		
$C_s = C_v^3 + 3C_v$	0.684	Memenuhi
$C_k$	3.030	Tidak
		memenuhi
Gumbel		
$C_s = 1.14$	-0.417	Tidak
$C_k = 5.4$	0.352	memenuhi
		Tidak
		memenuhi
Log Pearson III	-0.722	Tidak
Selain dari nilai di atas	0.0433	memenuhi
		Tidak
		memenuhi

Hasil uji kecocokan pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa data yang memenuhi kriteria adalah data menggunakan distribusi log normal. Nilai curah hujan periode ulang menunjukkan bahwa pada periode ulang 2 tahunan besar curah hujan adalah 274, 313 mm dan periode ulang 10 tahunan sebesar 374,4244 mm, hal ini menunjukkan semakin besar periode ulang maka curah hujan semakin tinggi. Untuk perencanaan digunakan periode ulang 10 tahunan supaya desainnya mampu menampung kelebihan air yang terjadi untuk jangka panjang.

Tahap selanjutnya adalah menghitung intensitas curah hujan menggunakan **Persamaan 8** dikarenakan data curah hujan yang ada di BMKG Muara Bangkahulu adalah curah hujan titik. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan periode ulang tertentu, maka dihitung waktu konsentrasi menggunakan **Persamaan 11** dan diperoleh nilai  $T_c$  sebesar 21,44 jam. Waktu konsentrasi dibutuhkan untuk mengetahui laju aliran

Data curah hujan yang digunakan untuk perencanaan adalah curah hujan 10 tahunan dihitung menggunakan **Persamaan 8**, didapat  $I_{10}$  = 11.25 mm/jam. Setelah diperoleh nilai waktu konsentrasi dan intensitas hujan, kemudian dilakukan perhitungan debit banjir



rencana menggunakan **Persamaan 13**. Debit banjir rencana dianalisis berdasarkan tata guna lahan dengan terlebih dulu menghitung koefisien aliran ( $C_{DAS}$ ) menggunakan **Persamaan 9** dan waktu konsentrasi dengan **Persamaan 11**.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, data pengukuran topografi pada kawasan ini menunjukkan kemiringan lahan sebesar 0.03714 [1] terlihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Data topografi**

Luas (Ha)	Elevasi (m)		Lt (m)	Kemiringan Lahan
	awal	akhir		
3,5	103	90	350	0,03714

Hasil perhitungan menunjukkan besar koefisien pengaliran DAS adalah 0,68 yang berarti bahwa 68% curah hujan menjadi aliran permukaan dengan waktu konsentrasi sebesar 21,44 jam dan sisanya 32% meresap ke dalam tanah. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin sedikit air hujan yang masuk ke dalam tanah, sehingga tingginya aliran permukaan yang terjadi menjadi salah satu penyebab genangan di kawasan ini.

Penanganan genangan yang telah dilakukan oleh pemerintah belum tersistem, sehingga kejadian banjir selalu berulang setiap tahun. Perlu dilakukan perencanaan yang tepat guna mengeliminir genangan yang terjadi, salah satunya dengan eko drainase. Perencanaan debit banjir rencana untuk perancangan eko drainase menggunakan **Persamaan 13** dimana debit banjir sangat tergantung pada jenis tata guna lahan kawasan tersebut. Luas kawasan penelitian 3.5 Ha, maka didapat nilai  $Q_{10}$  sebesar 0,0821  $m^3/det$ .

Pengukuran kecepatan aliran menggunakan pelampung dan didapat kecepatan aliran di saluran sebesar 0,0868 m/det dengan dimensi saluran 0,93 m lebar dan tinggi 0,58 m. Debit saluran dihitung menggunakan **Persamaan 14** dan diperoleh besar debit saluran adalah 28.2534  $m^3/det$ . Sumur resapan yang direncanakan sebagai eko drainase tergantung dari jenis tanah di kawasan tersebut. Berdasarkan data hasil pengujian tanah pada **Tabel 5** dibutuhkan dalam perencanaan.

Tinggi kedalaman sumur resapan didapat dengan menghitung debit limpasan diperoleh 0.1039  $m^3/det$  dan waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir ke saluran terdekat ( $T_d$ ) selama 67,20 menit. Sumur resapan direncanakan menggunakan buis beton dengan diameter 0,5 m dikarenakan lebar saluran hanya 0.93m dan nilai  $F = 5,5 R$ ,  $e=0,35$  diperoleh  $H = 1,00$  m. Kedalaman sumur resapan termasuk dinding termasuk dinding penguat sumur resapan (buis beton), dimana tinggi dinding buis beton adalah  $D = 0,5$  m dan  $H = 0,5$  m, sehingga kedalaman sumur resapan menjadi 1,50 m seperti terlihat pada **Gambar 2**.

**Tabel 5. Hasil pengujian tanah**

Kedalaman (meter)	Sampel Tanah Hand Bor
Nomor piknometer	1
Berat Piknometer + contoh ( $W_2$ )	81,500
Berat Piknometer ( $W_1$ )	30,500
Berat Contoh Tanah $WT = W_2 - W_1$	49,500
Temperatur (Derajat Celcius)	25 $^{\circ}C$
Berat Piknometer + Air + Tanah	92,400
Berat + Piknometer + Air	80,500
$W_5 = W_2 - W_1 + W_4$	111,300
Isi Tanah $W_5 - W_3$	18,900
Berat Jenis Tanah $\frac{WT}{W_5 - W_3}$	2,630
Rata-rata	2,630 $m^3/det$



**Gambar 2. Kedalaman sumur resapan**

Debit resapan air hujan yang masuk ke dalam tanah dihitung dengan **Persamaan 16** didapat  $Q_{resapan} = 0,0005424$   $m^3/det$  dan debit reduksi menggunakan **Persamaan 17** sebesar 0.0815  $m^3/det$ . Kapasitas sumur resapan yang dihitung dengan **Persamaan 18** adalah 0,2943  $m^3$  dengan waktu yang diperlukan untuk pengisian sumur resapan 3,5846 menit.

Sumur resapan yang direncanakan untuk mereduksi air limpasan baik dari curah hujan maupun dari air buangan domestik dibuat di dalam drainase dengan ketentuan jarak 50 m per sumur resapan. Adanya sumur resapan ramah lingkungan (eko drainase) diharapkan mampu menanggulangi banjir di kawasan ini disamping upaya non struktural berupa rehabilitasi kawasan hulu DAS Air Bengkulu, normalisasi sungai dan pembatasan pengembangan lahan terbangun yang berdampak bagi peningkatan jumlah aliran permukaan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan sumur resapan di daerah ini tetapi hanya pada kawasan permukiman. Desain eko drainase menggunakan sumur resapan pada saluran drainase dapat menjadi alternatif penanggulangan genangan di daerah

ini dikarenakan air buangan pada drainase dibuang ke sungai. Hasil analisis menunjukkan desain ekodrainase yang dapat diterapkan pada daerah ini adalah dengan spesifikasi kedalaman sumur resapan 1,50 m, diameter 0,5 m, jarak antar sumur resapan adalah 50 m. Daya tampung desain sumur resapan di atas adalah 0,2943 m<sup>3</sup>. Sumur resapan ini dapat menunda limpasan air selama 3,5846 menit sebelum air meresap ke dalam tanah sehingga dapat mereduksi genangan yang kerap terjadi di badan jalan maupun permukiman sekitarnya.

#### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan studi. Studi kelayakan dimaksud berupa kelayakan lingkungan yaitu memperhatikan faktor lingkungan fisik, biotik dan social. Selain itu kelayakan ekonomis dalam penerapannya perlu dipertimbangkan guna melihat keuntungan yang didapat bila dibuat eko drainase, disamping kelayakan teknis yang harus diperhitungkan lebih mendalam.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Belladonna, N. Nasir, dan E. Agustomi. 2018. *Design of infiltration well to reduce inundation in Rawa Makmur Village , Bengkulu City*. Journal of Applied Sciences and Advanced Technology (JASAT), vol. 1, no. 2, pp. 53–58, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JASAT/article/view/3163>.
- [2] B. P. P. D. K. Bengkulu. 2012. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bengkulu*. Bengkulu.
- [3] C. F. J. Stuart, E. J. Kaiser, and D. R. 1995. *Godschalk, Urban Land Use Planning, Fourth Edition*, 4th ed. USA: University of Illinois Press.
- [4] I. D. Abisiswondo, R. J. Poluan, dan R. C. Tarore. 2021. *Pengaruh Perkembangan Industri Kecil Terhadap Tata Guna Lahan dan Sosial Ekonomi di Kecamatan Sonder*. Spasial, vol. 8, no. 3, pp. 389–398, 2021.
- [5] Indrianawati dan N. D. Mahdiyyah. 2020. *Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Cirebon Tahun 2010-2016*. Reka Geomatika, vol. 2019, no. 1, pp. 21–29, 2020, doi: 10.26760/jrg.v2019i1.3706.
- [6] F. M. Elessawy. 2021. *The Abnormal Population Growth and Urban Sprawl of an Arabian Gulf City: The case of Abu Dhabi City*. J. Soc. Sci., vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.4236/jss.2021.92017.
- [7] W. Novita, Cahya., Kasman, Astuti. 2021. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Dan Pola Peruntukan Lahan Terhadap Sistem Tata Air di Kawasan Ciracas Jakarta Timur*. Neo Tek., vol. 7, no. 2, p. 8, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.unpand.ac.id/index.php/NT/article/view/1879>.
- [8] Q. Zuo, Y. Zhou, L. Wong, Q. Li, dan J. Liu. 2022. *Impact of future land use changes on land use conflicts based on multiple scenarios in the central mountain region, China*. Ecol. Indic., vol. 137, no. 108743, 2022, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X2200214X?via%3Dihub>.
- [9] W. Setyaningsih, S. Sriyono, dan A. Benardi. 2019. *Kajian Kerusakan Lahan Di Daerah Aliran Sungai (Das) Kreo Akibat Pembangunan Pemukiman Di Sekitar Waduk Jatibarang Kota Semarang*. Media Komun. Geogr., vol. 19, no. 2, p. 177, doi: 10.23887/mkg.v19i2.16027.
- [10] N. T. Anh, L. D. Con, N. T. Nhan, B. Schmalz, dan T. Le Luu. 2023. *Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review*. Case Stud. Chem. Environ. Eng., vol. 8, no. 100424. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423001299>.
- [11] M. Belladonna. 2017. *Pemetaan Daerah Genangan dan Kajian Genangan Banjir Pada Kawasan Komersial di Kelurahan Rawa Makmur*. Maj. Tek. SIMES, vol. 11, no. 1, pp. 40–44, 2017, [Online]. Available: <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/simes/article/view/390/228>.
- [12] E. H. Pongtuluran, R. Jayadi, dan Sunjoto. 2018. *Peningkatan Kinerja Drainase Untuk Penanganan Banjir Menggunakan Sumur Resapan (Studi Kasus Kelurahan Temindung Permai Kota Samarinda)*. Renov. (Rekayasa dan Inov. Tek. Sipil), vol. 3, no. 2, pp. 15–26.
- [13] J. D. Miller and M. Hutchins. 2017. *The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom*. J. Hydrol. Reg. Stud., vol. 12, pp. 345–362, 2017, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581817300435>.
- [14] M. A. Rurung, H. Riogilang, dan L. A. Hendratta. 2019. *Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan*

- Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin-Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa*. Sipil Statik, vol. 7, no. 2, pp. 189–200.
- [15] Mahmud, Wahyudi, S. Bataradewa, H. J. Budirianto, Mutakim, dan L. ode Muhlis. 2021. *Hubungan Curah Hujan Terhadap Limpasan Permukaan dan Sedimen pada Berbagai Penggunaan Lahan di DAS Arui, Kabupaten Manokwari*. J. Ilmu Tanah dan Lingkungan, vol. 23, no. 2, pp. 85–92. doi: 10.29244/jitl.23.2.85-92.
- [16] J. A. Silva. 2023. *Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review*. Sustainability, vol. 15, no. 10940, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/su151410940>.
- [17] K. P. U. Dirjen Cipta Karya. 2012. *Buku Jilid IA. Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Kesehatan Lingkungan Permukiman Dirjen Cipta Karya Kementerian PU.
- [18] A. Sood dan A. Biswas. 2021. *Conflict between land reclamation and natural channels: case of Greater Mohali region*. Mod. Cartogr. Ser., vol. 10, pp. 539–556, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823895-0.00031-2>.
- [19] W. Yang and J. Zhang. 2021. *Assesing the permormance of gray and green strategies for suistanable urban drainage system development: A multi-criteria decision-making analysis*. J. Clean. Prod., vol. 293, no. 126191, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126191>.
- [20] Suripin. 2004. *Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [21] Triyono, D. Marsono, dan T. Yuniyanto. 2015. *Rekayasa Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Pada Kawasan Industri Piyungan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Maj. Geogr. Indones., vol. 29, no. 1, pp. 73–79, doi: <https://doi.org/10.22146/mgi.13105>.
- [22] Novianto, A. A. Chandra, dan Bahtiar. 2021. *Crane : civil engineering research journal pengaruh sistem biopori untuk menangani genangan pada tanah lanau*. Civ. Eng. Res. Jouna, vol. 2, no. April, pp. 18–24, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/jati18Novianto/CRANE/2021>.
- [23] M. Ardiyana, M. Bisri, dan Suniadi. 2016. *Studi Penerapan Ecodrain Pada Sistem Drainase Perkotaan (Studi Kasus: Perumahan Sawojajar Kota Malang)*. J. Tek. Pengair., vol. 7, no. 2, pp. 295–309.
- [24] E. Lestari, R. M. A. Kinasti, dan D. Putri. 2020. *Utilization of Rainwater Harvesting for Groundwater Conservation in Educational Building*.
- [25] Sunjoto. 2011. *Teknik Drainase Pro-Air*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [26] B. Semedi, A. Rachmansyah, B. Yanuwadi, dan U. Brawijaya. 2023. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional) Pemetaan dan Analisis Kerugian Daerah Terdampak Banjir Rob di Kecamatan Kraksaan*. Geo Image, vol. 12, no. 2, pp. 108–120.
- [27] O. Petrucci. 2022. *Review article: Factors leading to occurrence of flood fatalities: a systematic review of research papers publish between 2010 and 2020*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., vol. 22, pp. 71–83, [Online]. Available: <https://nhess.copernicus.org/articles/22/71/2022/nhess-22-71-2022.pdf>.