

Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) di Kecamatan Banjarbaru Utara

Rony Riduan^{1*}, Cleodora Heraningtyas¹, Chairul Abdi¹, dan Gusti Ihda Mazaya¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat; e-mail: ronyrdn@ulm.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Banjarbaru Utara yang kian hari semakin pesat akan menyebabkan pembangunan permukiman dan fasilitas lainnya semakin meningkat. Menurunnya lahan yang awalnya berfungsi sebagai resapan, mengakibatkan meningkatnya limpasan permukaan. Kecamatan Banjarbaru Utara dikategorikan sebagai wilayah prioritas utama untuk penanganan banjir ataupun genangan, melalui penataan sistem drainase, sempadan sungai, ataupun kawasan permukiman. Di wilayah Banjarbaru Utara masih menerapkan konsep drainase konvensional, namun hal ini kurang memberikan kontribusi berarti dalam penanganan genangan maupun banjir, oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan dengan menerapkan eko-drainase. Eko-drainase yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan sumur resapan, karena penggunaan sumur resapan merupakan konsep yang paling cocok untuk Kecamatan Banjarbaru Utara dan berdasarkan penelitian terdahulu sumur resapan efektif dalam mereduksi nilai *runoff*. Tujuan dari perencanaan ini, yaitu mengidentifikasi kondisi sistem drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara, mengevaluasi kemampuan saluran drainase yang ada dalam menampung debit limpasan, serta merekomendasikan sistem drainase dengan pendekatan eko-drainase melalui pemodelan hidrologi dan hidrolika. Analisis hidrologi dan hidrolika menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun (2012-2021) terakhir dan dibantu menggunakan *software Storm Water Management Model (SWMM)*. Berdasarkan survei lapangan, kondisi drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara, ada yang mengalami sedimentasi, tersumbat, terhalang oleh bangunan; sampah; dedaunan dan tumbuhan, serta ada juga saluran drainase yang berfungsi dengan baik. Sebagian saluran pada beberapa Daerah Pengaliran Saluran (DPSal) di Kecamatan Banjarbaru Utara tidak mampu menampung debit limpasan hujan. Hasil analisis menggunakan SWMM, eko-drainase menggunakan sumur resapan mampu mengurangi debit *runoff* dengan nilai rata-rata 1,25% dan nilai rata-rata infiltrasi, yaitu 2,11 mm, sehingga perlu dilakukan penambahan sumur resapan sebanyak 101 sumur resapan. Diperlukan 7, 47, 25, dan 22 sumur resapan untuk masing-masing DPSal 14, 23, 28, dan 30.

Kata kunci: drainase, SWMM, eko-drainase, sumur resapan, DPSal

ABSTRACT

The rapid population growth of North Banjarbaru will lead to increased development of settlements and other facilities. The decrease of land that originally functioned as infiltration, resulting in increased surface runoff. North Banjarbaru sub-district is categorized as a top priority area for flood or inundation management, through the arrangement of drainage systems, river borders, or residential areas. The North Banjarbaru area still applies conventional drainage concepts, but this does not contribute significantly to the handling of inundation or flooding, therefore it needs to be improved by applying eco-drainage. The eco-drainage used in this research is using infiltration ponds, because the use of infiltration ponds is the most suitable concept for North Banjarbaru Subdistrict and based on previous research infiltration ponds are effective in reducing runoff values. The objectives of this plan are to identify the condition of the drainage system in North Banjarbaru Sub-district, evaluate the ability of existing drainage channels to accommodate runoff discharge, and recommend a drainage system with an eco-drainage approach through hydrological and hydraulics modeling. Hydrological and hydraulics analysis using maximum daily rainfall data for the last 10 years (2012-2021) and assisted using Storm Water Management Model (SWMM) software. Based on field surveys, the drainage conditions in Banjarbaru Utara Sub-district are sedimented, clogged, blocked by buildings; garbage; leaves and plants, and there are also drainage channels that function properly. Some channels in several drainage areas (DPSal) in North Banjarbaru Sub-district are not able to accommodate rainfall runoff discharge. The results of the analysis using SWMM, eco-drainage using infiltration wells can reduce runoff discharge with an average value of 1.25% and the average value of infiltration, which is 2.11 mm, so it is necessary to add 101 infiltration wells. 7, 47, 25, and 22 infiltration ponds are needed for DPSal 14, 23, 28, and 30, respectively.

Keywords: drainage, SWMM, eco-drainage, infiltration wells, DPSal

Citation: Riduan, R., Heraningtyas, C., Abdi, C., dan Mazaya, G. I. (2024). Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) di Kecamatan Banjarbaru Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 987-995, doi:10.14710/jil.22.4.987-995

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang harus dilestarikan, karena sangat dibutuhkan bagi kehidupan makhluk hidup. Air hujan ialah contoh dari beberapa sumber ketersediaan air. Air hujan selayaknya harus dialirkan ke dalam tanah dan tidak dibiarkan menggenang di kawasan permukiman agar tidak mengganggu kesehatan lingkungan. Di sisi lain, apabila air hujan yang dialirkan melalui saluran drainase ke sungai-sungai tanpa adanya air yang meresap ke dalam tanah, maka akan menyebabkan keseimbangan tata air dan hidro ekosistem di kawasan permukiman terganggu. Hal inilah menjadi salah satu penyebab terjadinya genangan maupun banjir pada suatu permukiman (Muliawati, 2015).

Kota Banjarbaru merupakan salah satu kota yang seringkali tergenang air maupun banjir saat musim hujan. Kota Banjarbaru terdiri dari 5 kecamatan, salah satunya yaitu Kecamatan Banjarbaru Utara (BPS, 2021). Seiring berjalannya waktu penduduk Kecamatan Banjarbaru Utara kian bertambah. Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat akan menyebabkan pembangunan permukiman dan fasilitas lainnya semakin meningkat, namun hal ini tidak sebanding dengan perkembangan sistem drainase. Meningkatnya jumlah permukiman dan berbagai bangunan, mengakibatkan jumlah debit terus bertambah, sehingga seringkali tidak dapat memenuhi kapasitas tampung pada saluran drainase.

Berdasarkan data survei yang dilakukan pada tahun 2021, diketahui panjang jaringan drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara, yaitu 227.624,14 meter, dengan kondisi drainase eksisting diantaranya, terdapat drainase yang rusak, tersumbat, terhalang bangunan, dan mengalami sedimentasi, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan maupun pengembangan, karena masih terdapat banyak drainase yang tidak berfungsi dengan baik (Dinas PUPR, 2021). Survei kondisi eksisting di Kecamatan Banjarbaru Utara dilakukan pada 2891 titik. Dari beberapa titik lokasi terdapat 1269 segmen yang masih berfungsi dengan baik, 709 segmen mengalami penurunan fungsi akibat sedimentasi, drainase yang terhalang bangunan sebanyak 73 segmen, 215 segmen tersumbat sampah, terdapat 86 segmen yang rusak, dan masih ada 539 segmen saluran drainase yang mengalami berbagai permasalahan, mulai dari terjadinya penyumbatan akibat ranting-ranting pohon dan dedaunan, tertimbun pasir, hingga drainase yang tidak lagi berfungsi karena terpotong oleh tanah. Di sisi lain, hampir di seluruh wilayah Banjarbaru Utara masih menerapkan konsep drainase konvensional, yang mana air hujan secepatnya dibuang ke sungai dan tanpa dilakukan upaya untuk meresap ke dalam tanah, sehingga menyebabkan terjadinya genangan maupun banjir (Badzlina *et al.*, 2019; Habibi *et al.*, 2017). Sekarang ini dibutuhkan penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan atau yang biasa disebut dengan eko-drainase (*ecodrainage*) (Wibisono *et al.*, 2022). Prinsip dari

eko-drainase, yaitu meminimalisir terbuangnya air hujan sebagai aliran permukaan dengan mengendalikan air hujan agar mampu meresap ke dalam tanah (Abdurrahman *et al.*, 2019; Aflakhi *et al.*, 2014; Sallata, 2014). Beberapa contoh teknologi eko-drainase, yaitu kolam retensi atau waduk kota, sumur resapan, *river side polder*, dan areal perlindungan air tanah (Kaurow *et al.*, 2021; Wahyuningtyas *et al.*, 2011). Penelitian ini mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu sebagai informasi dan perbandingan dalam merencanakan eko-drainase menggunakan sumur resapan. Beberapa efektivitas eko-drainase untuk meminimalisir terjadinya genangan, diantaranya penggunaan sumur resapan sebagai metode eko-drainase berkontribusi dalam menurunkan debit limpasan, dengan nilai reduksi terbesar 23,41% (Ardiyana *et al.*, 2016); penambahan sumur resapan menjadi solusi efektif dalam mengatasi permasalahan genangan dan banjir, karena mampu memberikan *recharge* air tanah sebesar 2.400 liter untuk untuk luasan atap 50 m² (Prasetya, 2014). selain itu penerapan eko-drainase juga menunjukkan bahwa perencanaan sumur resapan di Kawasan Jati dapat mengatasi debit limpasan, yang mana untuk 1 sumur resapan, debit yang dapat ditampung sebesar 1,5×10⁻³ m³/detik (Fransiska *et al.*, 2020).

Menurut Review Masterplan Drainase Jalan Lingkungan Kota Banjarbaru, Kecamatan Banjarbaru Utara dikategorikan sebagai wilayah prioritas utama untuk penanganan banjir ataupun genangan, melalui penataan sistem drainase, sempadan sungai, ataupun kawasan permukiman. Kecamatan Banjarbaru Utara juga termasuk sebagai kecamatan untuk penanganan drainase jangka pendek (Dinas PUPR, 2021), sehingga, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kondisi sistem drainase yang ada di Kecamatan Banjarbaru Utara, mengevaluasi kemampuan saluran drainase yang ada dalam menampung debit limpasan rencana, dan merekomendasikan sistem drainase dengan pendekatan eko-drainase melalui pemodelan hidrologi serta hidrolika.

2. METODE

2.1 Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian ini dilakukan pada permukiman di Kecamatan Banjarbaru Utara, Provinsi Kalimantan Selatan, khususnya pada 5 Daerah Pengaliran Saluran (DPSal), yaitu DPSal 14, 23, 28, 30, dan 57. Penelitian dilakukan dari bulan Juli 2022 hingga Maret 2023.

2.2 Peralatan

Alat yang digunakan, antara lain meteran rol, alat tulis, dan kamera, sedangkan *software* yang diperlukan untuk pengolahan data yaitu *Storm Water Management Model* (SWMM) dan *Quantum Geographic Information System* (QGIS).

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi menjadi 2, yaitu pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer

diperoleh langsung pada objek penelitian dengan cara melakukan survei lapangan ke lokasi perencanaan guna mendapatkan data dan informasi secara *real* terkait kondisi eksisting sistem drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara, sedangkan data sekunder yang digunakan pada kajian ini: Laporan Akhir Masterplan Drainase Jalan Kota Banjarbaru, peta jaringan drainase Kecamatan Banjarbaru Utara, data curah hujan, peta potensi genangan Kecamatan Banjarbaru Utara, peta penggunaan lahan Kecamatan Banjarbaru Utara, peta jenis tanah Kecamatan Banjarbaru Utara, data kependudukan Kecamatan Banjarbaru Utara, peta rencana sumur resapan di Kecamatan Banjarbaru Utara, dan peta tofografi Kecamatan Banjarbaru Utara.

2.4 Analisis Data

2.4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan kumpulan dari berbagai fakta/keterangan fenomena hidrologi (Fathillah, 2020). Analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh nilai debit limpasan permukaan di Kecamatan Banjarbaru Utara. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data curah hujan Kota Banjarbaru selama 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2012 hingga 2021. Kemudian dilakukan pemilihan jenis distribusi frekuensi. Terdapat beberapa metode distribusi yang dapat digunakan dalam menghitung curah hujan rencana, antara lain metode distribusi Gumbel, Log Pearson Type III, Normal, dan Log-Normal. Penentuan diantara keempat metode dilakukan dengan membandingkan parameter data dengan syarat-syarat pada setiap metode distribusi. Metode distribusi frekuensi yang memenuhi syarat selanjutnya digunakan dalam proses perhitungan debit rencana hujan. Nilai debit rencana hujan yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai intensitas hujan rencana. Nilai intensitas hujan rencana yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk proses perhitungan analisis debit limpasan dengan bantuan *software* SWMM.

2.4.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui dimensi saluran drainase eksisting dan total volume air pada saluran drainase eksisting. Perlu dilakukan pengamatan dan pengukuran langsung saluran drainase untuk mendapat nilai dimensi saluran. Analisis dimensi saluran dilakukan untuk mengetahui titik terjadinya genangan dengan bantuan SWMM. Analisis total volume air dilakukan dengan cara melihat total air yang keluar di setiap *outfall loading* pada SWMM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Sistem Drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara

Sistem drainase di Kecamatan Banjarbaru Utara terbagi menjadi beberapa DPSal, antara lain DPSal 14,

18, 20, 21, 22a, 22b, 23, 25, 28, 30, 32, 33, 34, 39, dan DPSal 57, namun pada perencanaan ini dilakukan pada 5 DPSal yang dominan saja, yaitu DPSal 14, 23, 28, 30, dan 57, karena terdapat beberapa DPSal belum memiliki jaringan drainase dan sebagian besar wilayahnya tidak termasuk pada Kecamatan Banjarbaru Utara. Total luas wilayah perencanaan ini, ialah 260,2 Ha. Masing-masing DPSal memiliki luas sebesar 25,51 Ha untuk DPSal 14. DPSal 23 memiliki luas sebesar 136,41 Ha. DPSal 28 seluas 65,05 Ha. DPSal 30 memiliki luas 33 Ha, dan 0,23 Ha luas wilayah pada DPSal 57.



Gambar 1. Kondisi Saluran Drainase di Banjarbaru Utara

Kondisi drainase berdasarkan peninjauan langsung ke lapangan, ada beberapa drainase yang mengalami sedimentasi, tersumbat, terhalang oleh bangunan; sampah; dedaunan dan tumbuhan, serta ada juga saluran drainase yang berfungsi dengan baik. Berdasarkan survei kondisi eksisting pada tahun 2021 diketahui bahwa terdapat 1269 saluran drainase yang masih berfungsi dengan baik, 709 saluran drainase mengalami penurunan fungsi akibat sedimentasi, drainase yang terhalang bangunan sebanyak 73 segmen, 215 segmen tersumbat sampah, terdapat 86 segmen yang rusak, dan masih ada 539 segmen saluran drainase yang mengalami berbagai permasalahan, mulai dari terjadinya penyumbatan akibat ranting-ranting pohon dan dedaunan, tertimbun pasir, hingga drainase yang tidak lagi berfungsi karena terpotong oleh tanah.

3.2 Analisis Hidrologi

3.2.1 Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan pada penelitian ini menggunakan data 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2012 hingga tahun 2021 yang diperoleh dari Stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Banjarbaru. Data curah hujan harian maksimum tahunan yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

3.2.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Besarnya curah hujan rencana dapat diketahui dengan cara melakukan perhitungan distribusi frekuensi. Terdapat beberapa metode distribusi yang dapat digunakan dalam menghitung curah hujan rencana, antara lain metode distribusi Gumbel, Log

Pearson Type III, Normal, dan Log-Normal (Lubis, 2016). Metode distribusi frekuensi ditentukan dengan cara mencari nilai koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien variasi (Cv). Distribusi Gumbel merupakan metode distribusi yang digunakan jika data hujan berupa sampel terbatas. Rumus yang digunakan dalam perhitungan hujan rencana sebagai berikut:

$$X = X + \frac{S}{S_n} (Y - S_n) \quad (1)$$

Dengan

$$Y = - \ln \left[\ln \frac{T}{T-1} \right] \quad (2)$$

Keterangan:

X = Hujan dengan masa ulang T

S = *Standart deviasi*

T = Periode ulang

Y = Nilai reduksi varian variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

Yn = Nilai rata-rata reduksi dan varian nilainya tergantung dari jumlah data (n), tersedia dalam bentuk tabel

Sn = Deviasi standar nilainya tergantung dari jumlah data (n), tersedia dalam bentuk tabel (Kamiana, 2011).

Distribusi *Log Pearson Type III* merupakan metode yang digunakan jika data hujan berupa sampel. Distribusi *Log Pearson Type III* memerlukan parameter-parameter statistik, seperti harga rata-rata (*mean*), simpangan baku (*standart deviasi*), dan koefisien kemencengan (*skewnes*). Perhitungan menggunakan metode *Log Pearson Type III*:

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n} \quad (3)$$

$$\text{SdLog}X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X})^2}{(n-1)(n-2)(S_i)^2}} \quad (6)$$

$$\text{Log} X = \overline{\text{Log}X} + k(\text{SdLog}X) \quad (7)$$

Keterangan:

X = Curah hujan maksimum

n = Jumlah data hujan maksimum

Xi = Curah hujan rata-rata maksimum

SdLogX = Standar deviasi

Cs = Koefisien kemencengan (Kamiana, 2011).

Distribusi Normal seringkali digunakan untuk menganalisis curah hujan, menganalisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan, dan sebagainya. Berikut ini merupakan persamaan metode Normal:

$$X_T = \bar{X} + K_T.S \quad (8)$$

Keterangan:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{X} = Nilai rata-rata

S = *Standard deviasi*

K_T = Faktor frekuensi (Kamiana, 2011).

Distribusi Log Normal merupakan metode distribusi yang digunakan jika data hujan berupa sampel. Adapun rumus metode ini yaitu:

$$\text{Log} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (9)$$

$$\text{Slog}x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (10)$$

$$C_v = \frac{\text{Slog}x}{\log \bar{x}} \quad (11)$$

$$\text{Log} X_T = \log \bar{x} + K_T \cdot \text{log} \bar{x} \quad (12)$$

Keterangan:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T- tahunan

\bar{X} = Nilai rata-rata

Slogx = *Standard deviasi*

K_T = Faktor frekuensi

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Kota Banjarbaru

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2012	95,6
2013	87,8
2014	213,9
2015	116
2016	108
2017	87,2
2018	91,3
2019	97,4
2020	126,1
2021	255,3

Sumber data diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Banjarbaru

Tabel 2. Pemilihan Jenis Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

Metode Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	Cs ≈ 0	Cs = 1,708	Tidak memenuhi syarat distribusi
	Ck ≈ 3	Ck = 5,573	
Log-Normal	Cs ≈ 3 Cv ≈ 0,3	Cs = 1,427	Tidak memenuhi syarat distribusi
	Ck > 0,00	Ck = 4,730	
Gumbel	Cs ≈ 1,14	Cs = 1,708	Tidak memenuhi syarat distribusi
	Ck ≈ 5,40	Ck = 5,573	
<i>Log Pearson Type III</i>	Cs ≠ 0	Cs = 1,427 Ck = 4,730	Memenuhi syarat distribusi

Sumber data dari hasil perhitungan distribusi frekuensi

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik di atas, keempat metode tersebut dilakukan perbandingan dengan syarat-syarat distribusi untuk memilih metode yang cocok digunakan pada penelitian ini. Dari keempat metode yang akan digunakan, berdasarkan **Tabel 2** diketahui bahwa metode distribusi *Log Pearson Type III* merupakan metode yang cocok untuk data curah hujan yang ada karena memenuhi syarat distribusi, sedangkan untuk distribusi Normal, Log-Normal, dan Gumbel tidak memenuhi syarat kecocokan. Martin *et al.*, (2020), mengkaji kesesuaian metode distribusi Gumbel, Log-Normal, *Log Pearson Type III* dalam memprediksi curah hujan rencana di DAS Tetap, diperoleh bahwa metode *Log Pearson Type III* merupakan yang paling memenuhi syarat. Adapun perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson Type III* yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Log X} &= \frac{X \text{ Log X}}{n} & (13) \\ &= \frac{20,75}{10} \\ &= 2,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ Log X} &= \sqrt{\frac{(\text{Log X} - \text{Log Xt})^2}{n-1}} & (14) \\ &= \sqrt{\frac{0,24280}{10-1}} \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \sum (\text{Log X} - \text{Log Xt})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log X})^3} & (15) \\ C_s &= \frac{10 \times 0,04552}{(10-1)(10-2)(0,16)^3} \\ &= 1,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log Xt} &= \text{Log X} + (K \times S \text{ Log X}) & (16) \\ \text{Log Xt} &= 2,07 + (-0,23 \times 0,16) \\ \text{Log Xt} &= 2,04 \\ X_t &= 10^{2,04} \\ X_t &= 109,14 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai-nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan log rata-rata curah hujan (Log X), standar deviasi curah hujan (S Log X), dan koefisien kemencengan (Cs) selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana dengan berbagai periode ulang, yaitu periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun (Damiatin, 2021). Hasil perhitungan tersebut diketahui curah hujan rata-rata sebesar 2,07 mm dan standar deviasi 0,16, koefisien kemencengan (Cs) yaitu 1,427, serta penentuan nilai faktor distribusi (K) berpatokan pada nilai Cs yang didapat dari periode ulang yang digunakan. Perhitungan curah hujan rencana

distribusi menggunakan *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

3.2.3 Intensitas Hujan

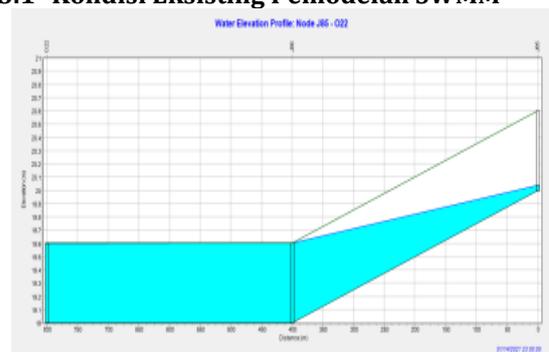
Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu yaitu mm/jam atau (cm/jam) (Permatasari *et al.*, 2020; Hendri, 2015). Analisis ini dilakukan dengan metode Mononobe. Metode Mononobe dipilih karena data hujan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data hujan harian. Nilai intensitas hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun, 5, tahun, 10 tahun, dan 25 tahun dapat dilihat pada **Tabel 4**. Adapun rumus perhitungan intensitas hujan rencana sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} & (17) \\ I_5 &= \frac{155,14}{24} \left(\frac{24}{1 \text{ jam}}\right)^{2/3} \\ I_5 &= 53,78 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

3.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika merupakan lanjutan dari analisis sebelumnya yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas drainase berdasarkan debit limpasan permukaan. Data-data yang diinput pada SWMM untuk setiap DPSal, antara lain intensitas hujan, dimensi saluran, elevasi. Berdasarkan Permen PU No. 12 Tahun 2014 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, suatu wilayah yang memiliki penduduk antara 20.000-100.000 jiwa dikategorikan sebagai kota kecil, sehingga nilai intensitas hujan yang digunakan pada perencanaan ini ialah intensitas hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun. Penentuan periode ulang 5 tahun, dikarenakan Kecamatan Banjarbaru Utara memiliki jumlah penduduk sebanyak 52.842 jiwa dengan luas wilayah sebesar 24,44 km² atau 2444 Ha.

3.3.1 Kondisi Eksisting Pemodelan SWMM



Gambar 2. Kala Ulang 5 Tahun pada Saluran J85 – 022

Tabel 3. Curah Hujan Rencana Distribusi *Log Pearson Type III*

Periode Ulang Tahun (PUH)	Log X	Faktor Frekuensi (K)	S Log X	Log Xt	Xt (mm)
2	2,07	-0,23	0,16	2,04	109,14
5	2,07	0,71	0,16	2,19	155,14
10	2,07	1,34	0,16	2,29	197,03
25	2,07	2,13	0,16	2,42	265,74
50	2,07	2,71	0,16	2,52	330,67
100	2,07	3,27	0,16	2,61	409,44

Sumber data dari hasil perhitungan curah hujan distribusi *Log Pearson Type III*

Tabel 4. Intensitas Hujan dengan Periode Ulang Tahun

Lama Hujan t (jam)	Intensitas Hujan dengan Periode Ulang Tahun			
	2 Thn (mm/jam)	5 Thn (mm/jam)	10 Thn (mm/jam)	25 Thn (mm/jam)
1	37,84	53,78	68,31	92,13
2	23,84	33,88	43,03	58,04
3	18,19	25,86	32,84	44,29
4	15,02	21,34	27,11	36,56
5	12,94	18,39	23,36	31,51
6	11,46	16,29	20,69	27,90
7	10,34	14,70	18,67	25,18
8	9,46	13,45	17,08	23,03
9	8,74	12,43	15,79	21,29
10	8,15	11,59	14,72	19,85
11	7,65	10,87	13,81	18,63
12	7,22	10,26	13,03	17,58
13	6,84	9,73	12,35	16,66
14	6,51	9,26	11,76	15,86
15	6,22	8,84	11,23	15,15
16	5,96	8,47	10,76	14,51
17	5,72	8,14	10,33	13,93
18	5,51	7,83	9,95	13,41
19	5,31	7,55	9,59	12,94
20	5,14	7,30	9,27	12,50
21	4,97	7,07	8,97	12,10
22	4,82	6,85	8,70	11,73
23	4,68	6,65	8,45	11,39
24	4,55	6,46	8,21	11,07

Sumber data dari hasil perhitungan intensitas hujan



Gambar 3. Kala Ulang 5 Tahun pada Saluran J105 – 060

Berdasarkan hasil *running* menggunakan SWMM, dapat diketahui gambar kondisi saluran drainase untuk masing-masing DPSal. Namun pada paper ini diambil contoh kondisi eksisting untuk DPSal 14 dan 23. **Gambar 2** merupakan salah satu pemodelan pada DPSal 14 di saluran J85-022 dengan kedalaman saluran eksisting, yaitu 0,60 meter dan lebar saluran 0,50 meter. Dari gambar tersebut menunjukkan kondisi saluran yang tidak dapat menampung besarnya debit hujan yang terjadi karena saluran sudah terisi penuh, dan menimbulkan *runoff* yang berpotensi menyebabkan banjir. Diketahui bahwa dari simulasi tersebut terjadi luapan pada *junction* 86 karena tidak dapat menampung debit limpasan/banjir. Berdasarkan simulasi, diketahui volume banjir untuk kala ulang 5 tahun pada saluran ini sebesar 0,039 m³/s. Sedangkan **Gambar 3** merupakan hasil *running* pada DPSal 23. Diketahui bahwa terjadi limpasan pada saluran tersebut akibat saluran yang sudah terisi penuh dan tidak dapat menampung besarnya debit hujan. *Junction* 105 memiliki kedalaman dan lebar saluran sebesar 0,25 dan 0,40 meter. Dari pemodelan ini diperoleh nilai total *flood volume* pada *junction* 105, yaitu 0,003 m³/s.

Setelah dilakukan pemodelan menggunakan SWMM, diketahui bahwa saluran drainase pada DPSal 992

57 mampu menampung debit limpasan hujan, sedangkan pada DPSal 14, 23, 28 dan 30 beberapa salurannya tidak dapat menampung air karena nilai debit limpasan/*runoff* (Qr) lebih besar dibandingkan debit eksisting saluran (Qd), sehingga perlu dilakukan penerapan eko-drainase menggunakan sumur resapan untuk meminimalisir terjadinya limpasan atau genangan (Fransiska *et al.*, 2020).

3.4 Perencanaan Drainase Menggunakan Sumur Resapan

Berdasarkan hasil analisis, untuk menangani limpasan permukaan yang terjadi akibat kapasitas tampung drainase yang tidak memenuhi, maka diperlukan penerapan sumur resapan. Sumur resapan merupakan sarana drainase yang digunakan sebagai tempat penampungan air hujan berlebih agar mampu meresap ke dalam tanah (Safitri *et al.*, 2019; Bunganaen *et al.*, 2016). Pembangunan sumur resapan memiliki tujuan utama yakni untuk memperbesar *infiltrasi* ke dalam tanah sehingga dapat menghindari terjadinya banjir dan meminimalisir tingkat erosi tanah (Andikha, 2017). Sumur resapan memiliki beberapa manfaat dalam kehidupan sehari-hari, diantaranya mampu mengurangi limpasan permukaan dan meminimalisir terjadinya genangan air; air hujan yang menyerap ke dalam tanah akan menjadi air cadangan dalam tanah, sehingga dapat memperbaiki kondisi air tanah; penggunaan sumur resapan yang mampu menurunkan limpasan permukaan, akan menyebabkan menurunnya laju erosi, sehingga tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut akan berkurang apabila aliran pada permukaan menurun (Sinaga & Halomoan, 2022). Agar penerapan eko-drainase berjalan dengan baik, pembuatan sumur resapan perlu memperhatikan beberapa langkah, yaitu menentukan lahan untuk

penempatan sumur resapan, memperhatikan jarak minimum sumur resapan terhadap bangunan, mengukur muka air tanah, serta menentukan angka permeabilitas tanah (Alviansyah & Rusli, 2021). Menurut Andikha (2017), pembuatan sumur resapan perlu memperhatikan beberapa faktor, antara lain:

1. Kondisi iklim

Iklim menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam perancangan sumur resapan. Apabila suatu wilayah memiliki curah hujan yang cukup besar, maka besar pula sumur resapan yang dibutuhkan pada wilayah tersebut

2. Kondisi tanah

Besar kecil penyerapan air hujan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, maka pendirian sumur resapan harus memperhatikan siftekstur dan pori-pori tanah. Tanah berpasir dan berpori lebih cepat merembes air hujan, sehingga waktu yang dibutuhkan air hujan untuk tinggal di sumur resapan lebih singkat.

3. Kondisi air tanah

Sumur resapan dengan permukaan air tanah yang dalam harus dibuat besar-besaran membutuhkan suplai air melalui sumur resapan, sebaliknya sumur resapan tidak dapat berfungsi dengan baik pada permukaan air tanah yang dangkal

4. Tata guna lahan

Air hujan yang mengalir di permukaan tanah pada lahan yang ditutupi beton bangunan lebih besar jika dibandingkan dengan air yang meresap ke dalam tanah. Sumur resapan pada lahan dengan penduduk yang padat harus dibuat lebih banyak dengan volume yang lebih besar.

Penerapan konsep eko-drainase menggunakan sumur resapan dalam penelitian ini mencakup beberapa DPSal dominan saja, antara lain DPSal 14, 23, 28, 30, dan 57. Penentuan DPSal ini dikarenakan

terdapat beberapa DPSal belum memiliki jaringan drainase dan sebagian besar wilayahnya tidak termasuk pada Kecamatan Banjarbaru Utara. DPSal yang belum terpasang jaringan drainase adalah DPSal 18, 21, dan 39, sedangkan sebagian besar wilayah pada DPSal lainnya berada di luar lokasi perencanaan (Kecamatan Banjarbaru Utara).

Pada SWMM pemodelan sumur resapan dilakukan dengan cara mengurangi persentase daerah kedap air (%*impervious*) yang ada di setiap *subcatchment* pada setiap DPSal. Nilai %*impervious* yang awalnya 60% dikurangi menjadi 30%, sehingga dianggap sumur resapan mampu mereduksi daerah kedap air di wilayah perencanaan sebesar 30%. Dari hasil *running* SWMM yang telah dilakukan dengan persentase daerah kedap air yang telah diubah, mengakibatkan terjadinya pengurangan nilai total *runoff* dan total volume pada setiap DPSal-nya. Hal ini juga didukung dengan analisis yang dilakukan oleh Fransiska *et al.*, (2020), bahwa pengurangan %*impervious* menjadi 34,3% pada setiap *subcatchment*, mampu mereduksi debit limpasan pada setiap *subcatchment*-nya. Berdasarkan **Tabel 5** dan **Tabel 6** dapat disimpulkan bahwa eko-drainase menggunakan sumur resapan mengurangi debit *runoff* dengan nilai rata-rata 1,25% dan nilai rata-rata infiltrasi, yaitu 2,11 mm, serta nilai maksimal pengurangan 1,33%. Rata-rata pengurangan volume air yang mengalir jika menggunakan sumur resapan, yaitu 0,99% dan nilai maksimal pengurangan 1,18%. Simulasi dengan sumur resapan melalui pemodelan SWMM dilakukan pada seluruh DPSal, namun perlu memperhatikan beberapa hal untuk menentukan titik lokasi sumur resapan di wilayah Banjarbaru Utara. Pada perencanaan ini, lokasi sumur resapan komunal ditentukan berdasarkan posisi Ruang Terbuka Hijau (RTH) atau area terbuka lainnya.

Tabel 5. Total Runoff

DPSAL	Total Runoff 10 ⁶ ltr		Pengurangan (%)	Infiltrasi (mm)
	Kondisi Eksisting (TR5)	Kondisi Simulasi (SR)		
14	83,11	82,11	1,20	1
23	443,94	438,29	1,27	5,65
28	211,45	208,87	1,22	2,58
30	107,2	105,91	1,20	1,29
57	0,75	0,74	1,33	0,01
Total	846,45	835,92	6,23	10,53
Rata-rata	169,29	167,184	1,25	2,11
Max	443,94	438,29	1,33	5,65
Min	0,75	0,74	1,20	0,01

Sumber data dari hasil simulasi SWMM

Tabel 6. Total Volume

DPSAL	Total Volume 10 ⁶ ltr		Pengurangan (%)
	Kondisi Eksisting (TR5)	Kondisi Simulasi (Sumur Resapan)	
14	38,913	38,51	1,03
23	321,68	318,55	0,97
28	138,036	136,63	1,02
30	63,18	62,43	1,18
57	0,13	0,13	0,76
Total	561,93	556,25	4,96
Rata-rata	112,39	111,25	0,99
Max	321,68	318,55	1,18
Min	0,13	0,13	0,76

Sumber data dari hasil simulasi SWMM

Tabel 7. Jumlah Sumur Resapan

DPSal	Total Runoff Diresapkan (ltr)	Total Runoff Diresapkan (m ³ /hari)	Total Runoff Diresapkan (m ³ /det)	Jumlah Sumur Resapan
14	20000	20	0,000232	7
23	130000	130	0,001508	47
28	70000	70	0,000812	25
30	60000	60	0,000696	22
57	0	0	0	0
Total Sumur Resapan				101

Sumber data dari hasil perhitungan sumur resapan

Dalam penerapan eko-drainase menggunakan sumur resapan, perlu diketahui permeabilitas tanah (K) di wilayah perencanaan ini. Penentuan debit sumur resapan, dipilih berdasarkan permeabilitas tanah pada DPSal yang memiliki total runoff tertinggi (DPSal 23). Nilai permeabilitas yang digunakan untuk perhitungan sumur resapan, yaitu $1,11 \times 10^{-7}$ m/det. Adapun perhitungan sumur resapan yaitu:

$$H = \frac{Q_i}{FK} (1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}) \quad (6)$$

(Rofiqoh *et al.*, 2018).

Diketahui :

$$H = 3 \text{ m}$$

$$R = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 2,75 \text{ m}$$

$$K = 1,11 \times 10^{-7} \text{ m/det}$$

$$T = 24 \text{ jam}$$

$$= 86400 \text{ detik}$$

Ditanya : Q_i ?

Jawab :

$$H = \frac{Q_i}{FK} (1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}) \quad (7)$$

$$3 = \frac{Q_i}{2,75 \times 1,11 \times 10^{-7}} \left(1 - e^{-\frac{2,75 \times 1,11 \times 10^{-7} \times 86400}{3,14 \times 0,5^2}} \right)$$

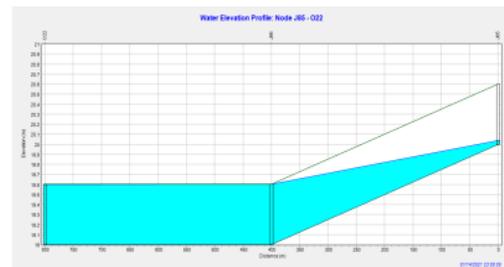
$$Q_i = \frac{3 \times 0,00003025}{0,283189}$$

$$Q_i = 3,20 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}$$

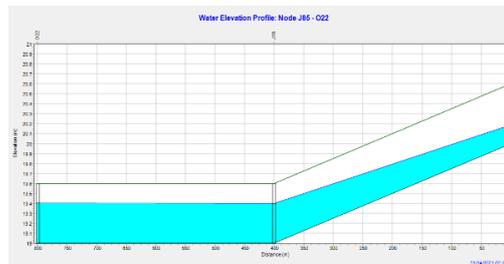
Berdasarkan perhitungan sebelumnya, diperoleh hasil bahwa satu buah sumur resapan, debit yang mampu menyerap air, yaitu sebesar $3,20 \times 10^{-5}$ m³/s. Jumlah sumur resapan yang diperlukan untuk masing-masing DPSal dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Menurut simulasi menggunakan SWMM, nilai runoff tertinggi untuk kondisi eksisting pada DPSal 14 berada pada A123 sebesar $2,05 \times 10^6$ liter, sedangkan total runoff pada A123 setelah menggunakan sumur resapan berkurang menjadi $2,03 \times 10^6$ liter, sehingga diperoleh hasil bahwa total runoff yang diresapkan yaitu 20.000 liter. Dari perhitungan diketahui sumur resapan yang dibutuhkan pada DPSal 14 sebanyak 7 titik. Runoff tertinggi untuk kondisi eksisting pada DPSal 23 berada pada A123 sebesar $8,64 \times 10^6$ liter, sedangkan nilai runoff pada A123 setelah menggunakan sumur resapan mengalami reduksi menjadi $8,51 \times 10^6$ liter, sehingga diperoleh hasil bahwa total runoff yang diresapkan yaitu 130.000 liter. Dari perhitungan diperlukan 47 titik sumur resapan. Nilai runoff tertinggi untuk kondisi eksisting pada DPSal 28 berada pada A16 sebesar $4,59 \times 10^6$ liter, sedangkan total runoff pada A16 setelah menggunakan sumur resapan berkurang menjadi 994

$4,52 \times 10^6$ liter, sehingga diperoleh hasil bahwa total runoff yang diresapkan yaitu 70.000 liter. Dari perhitungan diketahui sumur resapan yang dibutuhkan pada DPSal 28 sebanyak 25 titik. Runoff tertinggi untuk kondisi eksisting pada DPSal 30 berada pada A67 sebesar $4,46 \times 10^6$ liter, sedangkan nilai runoff setelah menggunakan sumur resapan mengalami reduksi menjadi $4,40 \times 10^6$ liter, sehingga diperoleh hasil bahwa total runoff yang diresapkan yaitu 60.000 liter. Dari perhitungan diperlukan 22 titik sumur resapan yang tersebar pada DPSal 30. Sedangkan untuk DPSal 57 tidak perlu dilakukan penambahan sumur resapan karena tidak terjadi limpasan pada DPSal tersebut. Berikut ini sebagai contoh diambil saluran pada DPSal 14:



Gambar 4. Saluran sebelum menggunakan sumur resapan



Gambar 5. Saluran setelah menggunakan sumur resapan

Gambar 4 merupakan kondisi eksisting pada saluran J85-022 di DPSal 14 sebelum menggunakan sumur resapan. Berdasarkan **Gambar 4**, terjadi luapan pada saluran ini karena tidak mampu menampung debit banjir rencana. Pemodelan eko-drainase menggunakan sumur resapan dilakukan pada software SWMM dengan mengubah %imperv menjadi 30%, dan dari hasil pemodelan yang dapat dilihat pada **Gambar 5**, menunjukkan bahwa saluran J85-022 tidak lagi mengalami limpasan permukaan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis, Kecamatan Banjarbaru Utara seringkali mengalami genangan maupun banjir,

hal ini dibuktikan dari kondisi drainase yang mengalami berbagai permasalahan dan sebagian besar saluran pada beberapa DPSal tidak mampu menampung debit limpasan permukaan/*runoff*. Penerapan sistem drainase dengan konsep eko-drainase menggunakan sumur resapan, terbukti dapat meminimalisir limpasan permukaan. Dari hasil analisis menggunakan SWMM, penggunaan sumur resapan di Kecamatan Banjarbaru Utara dapat mereduksi nilai *runoff* sebanyak 6,23% dengan nilai infiltrasi 10,53 mm, serta menurunkan total volume air yang masuk di saluran drainase sebesar 4,96% dengan nilai infiltrasi 5,68 mm. Dari hasil yang diperoleh, perlu dilakukan penambahan 101 sumur resapan di Kecamatan Banjarbaru Utara. Pada perencanaan ini, mengabaikan beberapa parameter, seperti kerusakan, penyumbatan, dan sedimentasi saluran drainase, simulasi SWMM diasumsikan semua saluran dalam kondisi normal sehingga perlu penelitian lanjut dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut. Adapun untuk perencanaan lebih lanjut, dapat dilakukan penerapan konsep eko-drainase lain, seperti *vertical drain* dan porous sebagai upaya dalam mereduksi debit *runoff*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, H., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2019). Studi Alternatif Sumur Resapan untuk Pengendali Limpasan Air Hujan pada Perumahan Green Home Sulfat Kota Malang.
- Alviansyah., & Rusli, H. A. R. (2021). Efektifitas Pemanfaatan Sumur Resapan dan Biopori sebagai Artificial Recharge untuk Meresapkan Air Hujan ke dalam Lapisan Akuifer Dangkal pada DAS Batang Kuranji Kota Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 6(2), 135-144.
- Andikha, F. (2017). *Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ardiyana, M., Bisri, M., & Sumiadi. (2016). Studi Penerapan Ecodrain pada Sistem Drainase Perkotaan (Studi Kasus: Perumahan Sawojajar Kota Malang). *Jurnal Teknik Pengairan*, 7(2), 295-309.
- Badan Pusat Statistik Kecamatan Banjarbaru Utara. (2021). Kecamatan Banjarbaru Utara Dalam Angka 2021. Banjarbaru.
- Badzlina, M. F., Tazkiaturrizki., & Winarni. (2019). Analisis Perbandingan Sistem Drainase Konvensional dan Ecodrainage di Kawasan Perumahan Citra Maja Raya (Tahap 1), Banten. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Wilayah dan Kota Berkelanjutan*.
- Bunganaen, W., Sir, T. M., & Penna, C. (2016). Pemanfaatan Sumur Resapan untuk Meminimalisir Genangan di Sekitar Jalan Cak Doko. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 67-78.
- Damiatin. (2021). *Evaluasi Dimensi Saluran Drainase Terhadap Peristiwa Genangan di Ruas Jalan Ahmad Yani Km. 24 Banjarbaru*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Dinas PUPR. (2021). *Masterplan Drainase Jalan Lingkungan Kota Banjarbaru*.
- Fathillah, U. A. (2020). *Analisa dan Perencanaan Sistem Drainase di Jl. Banda Seraya Jempong Kecamatan Sekarbela Kota Mataram*. Universitas Muhammadiyah Mataram. Mataram.
- Fransiska, Y., Junaidi., & Bambang, I. (2020). Simulasi dengan Program EPA SWMM Versi 5.1 untuk Mengendalikan Banjir pada Jaringan Drainase Kawasan Jati. *Jurnal Civronlit Unbari*, 38-48.
- Habibi, M., Fatimah, E., & Azmeri. (2017). Strategi Penerapan Eko-Drainase Di Kawasan Gampoeng Keuramat Banda Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 309-316.
- Hendri, A. (2015). Analisis Metode Intensitas Hujan pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. *Annual Civil Engineering Seminar*, 297-304.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. GRAHA ILMU.
- Kaurow, R. M. J., Sih, A., & Dina, P. A. H. (2021). Penerapan Sistem Ekodrainase di Perumahan Tataka Puri, Kabupaten Tangerang. *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 9(2), 96-107.
- Lubis, F. (2016). Analisa Frekuensi Curah Hujan Terhadap Kemampuan Drainase Pemukiman di Kecamatan Kandis. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 2(1), 34-46.
- Martin, R., Fauzi, M., & Amri, K. (2020). Analisis Debit Puncak Sungai Air Tetap Kabupaten Kaur dengan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS). *Jurnal Inersia*, 12(1), 30-36.
- Muliawati, D. N. (2015). *Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan Di Kawasan Rungkut*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan.
- Permatasari, M., M. Candra, N., & Etih, H. (2020). Penentuan Metode Intensitas Hujan Berdasarkan Karakteristik Hujan dari Stasiun Pengamat Hujan disekitar Kecamatan Karawang Timur. *Serambi Engineering*, 5(1), 768-780.
- Prasetya, I. (2014). Analisis Desain Sumur Resapan pada Kawasan Pemukiman di Banjarbaru. *Info Teknik*, 15(1), 71-86.
- Rofiqoh, Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2018). Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan pada Perumahan The Araya Cluster Jasmine Valley Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 18-25.
- Safitri, R., Rahma, P., & Muhammad, M. (2019). Pembuatan Biopori dan Sumur Resapan untuk Mengatasi Kekurangan Air Tanah di Perumahan Villa Mutiara, Tangerang Selatan. *Agrokreatif Jurnal Ilmu Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(1), 39-47.
- Sallata, M. K. (2014). Paradigma Konservasi Tanah dan Air: Hubungannya Kerusakan Lingkungan. *Info Teknis Eboni*, 11(2), 81-94.
- Sinaga, J.P., & Halomoan, N. (2022). Evaluasi Sistem Drainase di Kecamatan Rawalumbu Kota Bekasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2744-2573.
- Wahyuningtyas, A., Hariyani, S., & Sutikno, F. R. (2011). Strategi Penerapan Sumur Resapan Sebagai Teknologi Ekodrainase di Kota Malang (Studi Kasus: Sub DAS Metro). *Jurnal Tata Kota Dan Daerah*, 3(1), 25-32.
- Wibisono, K., Antonius, C., Herry, P. C., & Cilcia, K. (2017). Analisis Curah Hujan di Mojokerto untuk Perencanaan Sistem Ekodrainase pada Satu Kompleks Perumahan. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(1), 1-7.