

## Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.1 Untuk Mengatasi Genangan di Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu

Meilani Belladona<sup>1,\*</sup>, Widya Ningrum<sup>1</sup>, Fenty Wisnuwardhani<sup>1</sup>, Alex Surapati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH, Jalan Ahmad Yani  
No. 1 Kota Bengkulu, Kode Pos 38115

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Jl. WR Supratman Kandang  
Limun Bengkulu, Kode Pos 38371

\*meilanibelladona@gmail.com

### ABSTRAK

Kelurahan Kebun Tebeng Kota Bengkulu merupakan salah satu kawasan rawan banjir dengan ketinggian hingga 1 meter. Penyebab genangan dikarenakan saluran drainase buruk dan tidak mampu menampung air yang saat hujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi saluran eksisting di Kelurahan Kebun Tebeng. Metode penelitian menggunakan Analisa hidrologi dan pemodelan Storm Water Management (SWMM) 5.1. Data yang dibutuhkan untuk pemodelan berupa data curah hujan harian maksimum, dimensi saluran drainase eksisting dan data pendukung lainnya. Berdasarkan hasil *running simulation* yang telah dilakukan, debit puncak limpasan terbesar terjadi pada *subcatchment* S4a yaitu sebesar 0,3976 m<sup>3</sup>/det, sedangkan debit aliran paling kecil terjadi pada *subcatchment* S2b dengan aliran maksimum sebesar 0,2158 m<sup>3</sup>/det. Terdapat 6 titik yang mengalami luapan dan beberapa saluran yang tidak dapat menampung limpasan salah satunya adalah saluran C10. Debit banjir rencana 5 tahun adalah 1,0425 m<sup>3</sup>/det, sedangkan debit saluran C10 adalah 0,10865 m<sup>3</sup>/det. Hal ini menunjukkan bahwa saluran tersebut tidak mampu menampung debit banjir tersebut.

**Kata kunci:** curah hujan, drainase, banjir, SWMM 5.1

### ABSTRACT

*Kebun Tebeng Village, Bengkulu City, a region that frequently floods with a height of up to 1 meter. The cause of puddles is due to poor drainage and not being able to accommodate water when it rains. The aim of this research is to evaluate the condition of existing canals in Kebun Tebeng Village. The research method uses hydrological analysis and Storm Water Management (SWMM) modeling 5.1. The data needed for modeling is maximum daily rainfall data, dimensions of existing drainage channels and other supporting data. Based on the results of the running simulation that has been carried out, the largest peak runoff discharge occurs in the S4a subcatchment, namely 0.3976 m<sup>3</sup>/sec, while the smallest flow discharge occurs in the S2b subcatchment with a maximum flow of 0.2158 m<sup>3</sup>/sec. There are 6 points that experience overflow and several channels that cannot accommodate the runoff, one of which is channel C10. The 5-year planned flood discharge is 1.0425 m<sup>3</sup>/sec, while the C10 channel discharge is 0.10865 m<sup>3</sup>/sec. This shows that the channel is unable to accommodate the flood discharge*

**Keywords:** rainfall, drainage, flooding, SWMM 5.1

## 1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan daerah perkotaan mengalami pembangunan yang sangat signifikan sehingga menyebabkan kebutuhan akan lahan hunian semakin meningkat (Akhirul et al. 2020; Mardiansjah, Handayani, and Setyono 2018). Perubahan tata guna lahan menyebabkan daerah resapan air hujan pada pemukiman penduduk mengalami penurunan yang menjadi penyebab terjadinya genangan air dan banjir (Lucyana 2022). Perubahan penutupan lahan di DAS dari hutan ke lahan terbuka atau pemukiman, menyebabkan air hujan yang jatuh di atasnya secara nyata meningkatkan aliran permukaan (*run off*) yang selanjutnya bisa memicu terjadinya banjir di hilir (Amaliah, Arsyad, and Paembonan 2020).

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya (Kesuma, Yekti, and Purbawijaya 2020). Faktor lain yang menjadi penyebab terjadinya banjir yaitu besarnya curah hujan, rusaknya bangunan drainase, buruknya penanganan saluran drainase karena penumpukan sampah, sedimen atau karena tanaman liar (Awaliyah, Ariyaningsih, and Ghozali 2020; Suripin 2004). Sistem drainase merupakan salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting, dimana kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada (Suripin 2004). Secara umum, drainase dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun limpahan air masyarakat sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu (Belladonna 2017; Runtuwene, Sumarauw, and ... 2018). Saluran drainase berfungsi mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Aqsha and Harahap 2022; Habibullah and Hermawan 2021).

Sistem drainase yang baik akan mampu membebaskan kota tersebut dari genangan air yang mampu menurunkan kualitas kesehatan lingkungan (Habibullah and Hermawan 2021). Salah satu daerah yang termasuk daerah rawan banjir di Kota Bengkulu adalah Kelurahan Kebun Tebeng. Ketinggian banjir yang melanda Kelurahan Kebun Tebeng beberapa tahun belakangan ini semakin meningkat hingga ketinggian 1 meter. Salah satu penyebab adanya genangan banjir ini dikarenakan saluran drainase buruk dan tidak mampu menampung kapasitas air yang ada. Hal ini tentu saja dapat mengakibatkan ketidaknyamanan kepada warga bahkan dapat menimbulkan kerugian diberbagai aspek, baik sosial maupun ekonomi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting sehingga ditemukan solusi yang dapat digunakan untuk menangani masalah genangan di daerah ini. Pemodelan sistem drainase pada penelitian ini menggunakan program *EPA Storm Water Management Model (SWMM) 5.1*.

SWMM (Storm Water Management Model) adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Pemodelan dengan SWMM berdasarkan berbagai proses hidrologi seperti curah hujan dengan variasi waktu, evaporasi pada permukaan air, curah hujan pada daerah tampungan dan infiltrasi dari curah hujan yang masuk ke lapisan tanah tak jenuh air yang memperhatikan limpasan dan sistem drainase (Suprpto, Mutaqin, and Prilbista 2018).

## 2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa data dimensi saluran drainase eksisting dan arah aliran. Data sekunder berupa data curah hujan dalam 10 tahun terakhir, data topografi, dan data tata guna lahan daerah penelitian yang diperoleh dari instansi terkait.

Data primer maupun data sekunder dianalisis menggunakan analisis hidrologi. Analisa drainase dilakukan dengan

menggunakan aplikasi EPA SWMM 5.1 untuk pemodelan.

Data curah hujan dianalisa menggunakan distribusi frkuensi berupa distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log person III, dan distribusi Gumbel. Distribusi Normal memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang dirumuskan pada persamaan (1) berikut:

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

Keterangan:

$X_T$  = Periode ulang T tahunan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung curah hujan

S = Standar deviasi

$K_T$  = Faktor frekuensi

Fungsi kerapatan probabilitas log Normal adalah sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad (2)$$

$$Y = \log X \quad (3)$$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (4)$$

Secara sederhana fungsi kerapatan peluang Distribusi Log Pearson III adalah sebagai berikut:

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

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (6)$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^4}{S^4} \quad (7)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (8)$$

Keterangan :

$\log X_T$  = Logaritma curah hujan maksimal untuk periode ulang T-tahunan

$\log \bar{X}$  = Logaritma nilai rata-rata sampel data curah hujan

Slogx = Logaritma simpangan baku (standar deviasi) data curah hujan

$C_s$  = Koefisien kemencengan (*skewness*)

$K_T$  = Faktor frekuensi yang besarnya tergantung koefisien kemencengan

$C_k$  = Koefisien kurtosis

$C_v$  = Koefisien variasi

Distribusi Gumbel banyak digunakan dalam analisis frekuensi hujan yang mempunyai rumus:

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (9)$$

Keterangan:

$Y_T$  = Nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahun

$Y_n$  = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduced mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

$S_n$  = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

Intensitas hujan dihitung menggunakan metode Mononobe berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (10)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam),

dimana,

$$t_c = 0,0197 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (11)$$

Keterangan:

T = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang saluran dari hulu sampai titik kontrol (km)

S = Kemiringan lahan antara elevasi hulu dan hilir

$$S = \frac{\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi hilir}}{L} \quad (12)$$

Debit Rencana dihitung dengan menggunakan Metode Rasional sebagai berikut :

$$Q_s = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (13)$$

Keterangan:

0.00278 = Faktor Konversi dari mm<sup>3</sup>/jam menjadi m<sup>3</sup>/det. (0.001m / 3600 det ) x 10000 m<sup>2</sup>

A = Luas areal (Ha).

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

C = Koefisien pengaliran / run off.

$C_s$  = Faktor Koefisien Konsentrasi.

V = Kecepatan aliran pada saluran.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit rencana dihitung menggunakan persamaan (13), dengan

panjang saluran 2297,92 m dan kemiringan saluran 0,157125. Waktu konsentrasi yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik terjauh sampai ke outlet dihitung dengan persamaan (11) diperoleh 2,64 jam.

Intensitas hujan dengan curah hujan 693,924 mm diperoleh sebesar 125,839 mm/jam. Luas lahan 6,443 Ha dan  $C_{das} = 0,46$ , maka debit rencana kala ulang 5 tahun adalah 1,0425 m<sup>3</sup>/det.

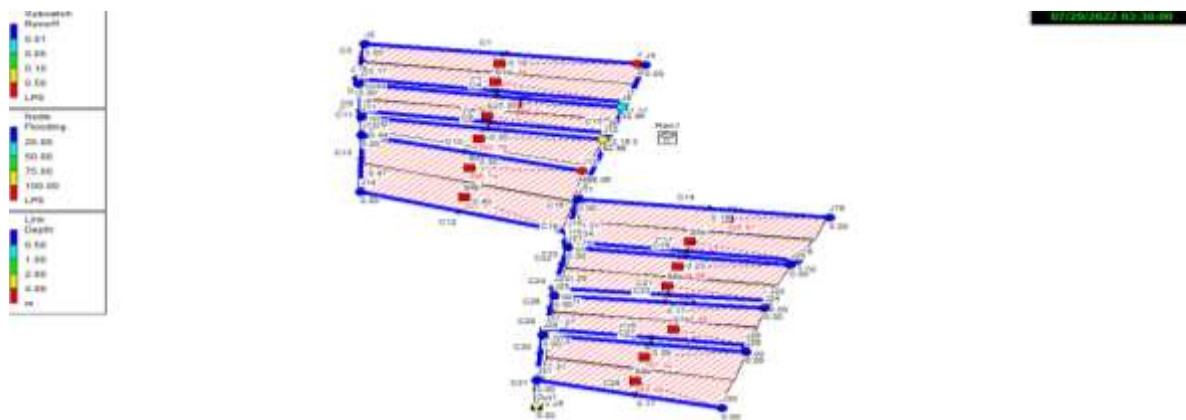
Tahap digitasi ini guna membuat tata guna lahan untuk memasukkan parameter pada program *SWMM 5.1*. Pada penelitian ini *subcatchment* area dibagi menjadi 15 *subcatchment*, 31 *junction*, 1 *out*, dan 31 *conduit*. Beberapa nilai dari parameter-parameter didapat dari data sekunder dan ada juga didapat dari pengukuran langsung ke lokasi. Parameter-parameter baik untuk

*junction*, *subcatchment* dan *conduit* yang akan dimasukkan ke dalam *software EPA SWMM 5.1* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Masukan Karakteristik Subcatchment

Karakteristik Subcatchment	Nilai
<i>N-Imperv</i>	0,011
<i>N-Perv</i>	0,13
<i>Dstore-Imperv</i>	1,27
<i>Dstore-Perv</i>	7,62
<i>% Zero Imperv</i>	66,9
<i>Curve Number</i>	90
<i>Dryig Time</i> (hari)	3

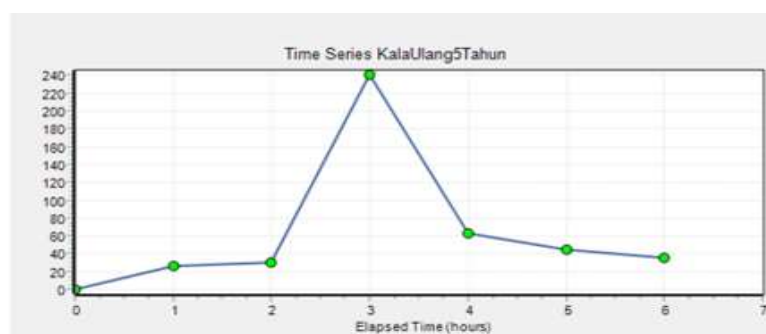
Pemodelan jaringan drainase dibuat untuk memudahkan dalam melakukan simulasi analisis kapasitas drainase. Pemodelan ini terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pemodelan Jaringan Drainase

Dalam pemodelan *SWMM* selanjutnya dilakukan pemodelan simulasi aliran. Simulasi aliran ini dilakukan dengan menggunakan data curah hujan rencana yang telah di dapatkan dari hasil analisis hidrologi sebelumnya. Dari curah

hujan harian rencana sebesar 693,924 mm/hari maka dilakukan simulasi aliran sebagai respon curah hujan terhadap durasi. Hasil yang telah didapatkan dari simulasi aliran tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

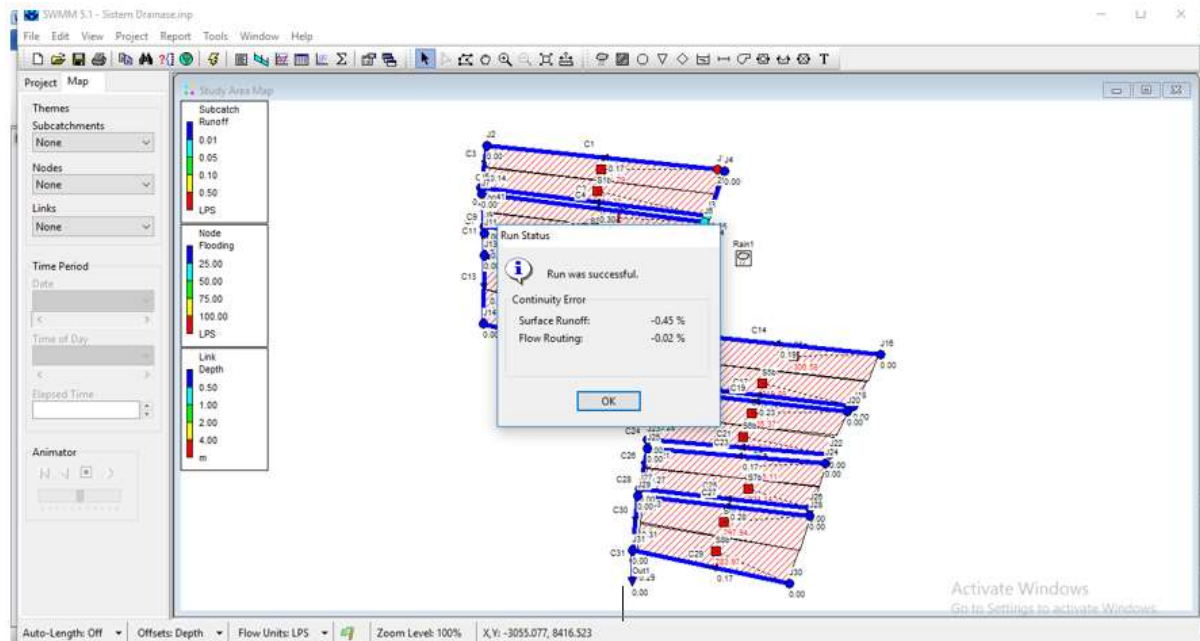


**Gambar 2.** Time Series Sebaran Hujan Kala Ulang 5 Tahun

Dari hasil *running* yang telah dilakukan, hasil kualitas hasil simulasi cukup baik dimana *continuity error* untuk limpasan permukaan dan penelusuran aliran masing-masing sebesar -0,45 % dan -0,02 %. Menurut Rossman (2015) jika kualitas simulasi mencapai angka 10%,

maka kualitasnya diragukan. Hasil *Run Status* system jaringan drainase pada Kelurahan Kebun Tebeng terlihat pada Gambar 3.

Adapun nilai infiltrasi dan limpasan pada system drainase dari hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 4.** *Run Status* sistem jaringan drainase

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Infiltrasi dan Limpasan dengan SWMM 5.1

<i>Subcatchment</i>	<i>Total Curah Hujan 10.5</i>	<i>Total infil. (mm)</i>	<i>Total Limpasan (mm)</i>	<i>Total Limpasan (10<sup>6</sup> ltr)</i>	<i>Limpasan Puncak (LPS)</i>	<i>Koefisien Limpasan</i>
S1a	405,34	8,71	392,78	1,8	305,76	0,969
S1b	405,34	8,71	392,76	1,78	301,76	0,969
S2a	405,34	8,71	393,1	1,32	223,82	0,970
S2b	405,34	8,71	393,07	1,27	215,83	0,97
S3	405,34	8,71	392,71	1,68	285,11	0,969
S4a	405,34	8,71	392,06	2,34	397,65	0,967
S4b	405,34	8,71	391,98	2,25	382,34	0,967
S5a	405,34	8,71	392,62	1,81	307,09	0,969
S5b	405,34	8,71	392,56	1,89	320,41	0,968
S6a	405,34	8,71	392,66	1,57	365,79	0,969
S6b	405,34	8,71	392,65	1,49	253,13	0,969
S7a	405,34	8,71	392,79	1,34	226,49	0,969
S7b	405,34	8,71	392,78	1,32	224,49	0,969
S8a	405,34	8,71	392,35	1,76	298,43	0,968
S8b	405,34	8,71	392,25	1,67	284,43	0,968

**Tabel 3.** Junction node yang mengalami luapan

Node	Hours Flooded	Maximum Rate LPS	Banjir Maksimal		Total Volume Banjir 10 <sup>6</sup> liter
			Hari	Jam:menit	
J1	1.05	207.95	0	04:00	0.728
J3	0.93	38.80	0	04:00	0.119
J6	0.92	34.54	0	03:56	0.105
J8	0.88	30.70	0	03:05	0.038
J10	0.96	85.28	0	03:57	0.275
J12	2.04	500.02	0	03:59	1.877

Tabel 3 menunjukkan laporan dari titik mana saja yang mengalami luapan. Hasil ketinggian aliran maksimum dimana pada beberapa saluran terjadinya luapan salah

satunya yaitu saluran C10 dapat dilihat pada profil aliran yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Profil aliran saluran C10

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi diketahui bahwa drainase yang terletak di Kelurahan Kebun Tebeng belum dapat menampung debit banjir rencana dengan periode ulang 5 tahunan. Terdapat 6 titik yang mengalami luapan pada saat dialirkan debit sebesar 1,0425 m<sup>3</sup>/det.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi menggunakan curah hujan rencana periode ulang 5 tahun sebesar 693,924 mm/jam, didapat bahwa jaringan drainase tersebut belum mampu menampung debit banjir. Terdapat 6 titik

yang mengalami luapan. Terjadi luapan di beberapa saluran salah satunya saluran C10 dengan debit aliran sebesar 0,10865 m<sup>3</sup>/det yang nilainya lebih kecil dari nilai debit rencana kala ulang 5 tahun sebesar 1,0425 m<sup>3</sup>/det. Hal ini menunjukkan bahwa saluran tersebut tidak mampu menampung debit banjir tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

Akhirul, Yelfida Witra, Iswandi Umar, and Erianjoni. 2020. "Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Dan Upaya

- Mengatasinya.” *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan* 1(3).
- Amaliah, Rizki, Usman Arsyad, and Samuel A. Paembonan. 2020. “Effect of Land Cover Change on Discharge in Pangkajene Watershed.” *Jurnal Hutan Dan Masyarakat* 12(1):14. doi: 10.24259/jhm.v12i1.7203.
- Aqsha, Salsabila, and Diana Suita Harahap. 2022. “Evaluasi Sistem Drainase Di Kawasan Pemukiman Penduduk Di Jalan Air Bersih, Kelurahan Sudirejo I, Kecamatan Medan Kota.” *Jurnal Teknik Sipil* 1(1):73–77.
- Awaliyah, Nuur, Ariyaningsih, and Achmad Ghozali. 2020. “Analisis Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Terjadinya Banjir Di DAS Ampal/Klandasan Besar Dan Kesesuaian Program Dengan Faktor Penanganannya.” *Jurnal Penataan Ruang* 15(2):57.
- Belladona, Meilani. 2017. “Pemetaan Daerah Genangan Dan Kajian Genangan Banjir Pada Kawasan Komersial Di Kelurahan Rawa Makmur.” *Majalah Teknik SIMES* 11(1):40–44.
- Habibullah, Renndy Heska Desrian, and Chitra Hermawan. 2021. “Perencanaan Saluran Drainase Dalam Mengatasi Genangan Desa Padang Tanggung Pangean.” *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, Dan Komputer* 4(2). doi: <https://doi.org/10.36378/jupersatek.v4i2.2351>.
- Kesuma, I. Made Ari Sutrisna, Mawiti Infantri Yekti, and Ida Bagus Purbawijaya. 2020. “Analisi Kapasitas Saluran Drainase Dan Penanganan Banjir Di Jalan Bumi Ayu Desa Sanur Kecamatan Denpasar Selatan.” *Jurnal Teknik Sipil, Udayana* 53(9):142–49.
- Lucyana, Azwar. 2022. “Analisa Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Resapan Air Di Desa Kemilau Baru Kabupaten Ogan Komering Ulu.” *Jurnal Deformasi* 7(1).
- Mardiansjah, Fadjar Hari, Wiwandari Handayani, and Jawoto Sih Setyono. 2018. “Pertumbuhan Penduduk Perkotaan Dan Perkembangan Pola Distribusinya Pada Kawasan Metropolitan Surakarta.” *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan* 6(3):215–33. doi: <https://doi.org/10.14710/jwl.6.3.215-233>.
- Rossmann, Lewis A. 2015. *Storm Water Management Model. User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.
- Runtuwene, N. M. T., J. S. F. Sumarawu, and ... 2018. “Penataan Sistem Saluran Drainase Di Kompleks Winangun Palm Winangun Satu Kecamatan Malalayang Kota Manado.” *Jurnal Sipil ...* 7(6):285–300.
- Suprpto, Mamok, Adi Yusuf Mutaqin, and Agelbilal Seretora Prilbista. 2018. “Analisis Sistem Drainase Untuk Penanganan Genangan Di Kecamatan Magetan Bagian Utara.” *Matriks Teknik Sipil* 6(1):231–37. doi: 10.20961/mateksi.v6i1.36616.
- Suripin. 2004. *Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.