

ANALISIS KAPASITAS DRAINASE TERHADAP GENANGAN AIR PADA JALAN TRIP YUNUS KOTA PAGAR ALAM

Fameira Dhiniati¹, Lily Endah Diansari^{2*}, Rafiko Yuriansyah³

^{1,3} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Pagar Alam, Indonesia

² Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

e-mail: lilv.endah.diansari@polsri.ac.id

Abstrak

Kota Pagar Alam terus mengalami perkembangan yang lebih maju, terutama dibidang infrastruktur. Hal ini dipengaruhi adanya laju pertumbuhan jumlah penduduk yang meningkat. Pertumbuhan penduduk mengakibatkan adanya peralihan fungsi lahan, lahan yang sebelumnya merupakan daerah resapan air beralih menjadi daerah perumahan ramai penduduk. Pada Jalan Trip Yunus Kota Pagar Alam merupakan salah satu daerah lokasi padat penduduk. Kondisi Perumahan yang padat penduduk tersebut saat terjadi hujan, maka saluran drainase tidak berfungsi secara optimal. Keadaan drainase ini dikarenakan adanya sedimentasi dan penumpukan sampah warga. Penelitian ini bertujuan menganalisis besarnya debit limpasan yang terjadi di daerah Jalan Trip Yunus Kota Pagar Alam. Metode yang digunakan metode rasional dalam menghitung aliran limpasan, perhitungan curah hujan menggunakan analisis frekuensi, perhitungan kapasitas saluran dengan rumus manning. Dari hasil analisis didapat bahwa luas DAS adalah 14,1068 ha. Berdasarkan hasil perhitungan, debit limpasan periode ulang 10 tahun adalah 13,05 m³/det dan kapasitas saluran drainase yang ada sebesar 13,91 m³/det. Disimpulkan bahwa saluran drainase yang ada dapat menampung debit rencana, sehingga penyebab terjadinya banjir adalah sampah yang menumpuk di saluran drainase karena sebagian kawasan merupakan kawasan pasar tradisional.

Kata kunci: debit rancangan; evaluasi drainase; genangan

Abstract

Pagar Alam City continues to experience more advanced developments, especially in the field of infrastructure. This was influenced by the increasing rate of population growth. Population growth resulted in a change in land use, land that was previously a water catchment area turned into a residential area with a large population. On Jalan Trip Yunus, Pagar Alam City is one of the densely populated areas. The densely populated housing conditions when it rained, the drainage channels did not function optimally. This drainage situation was due to sedimentation and accumulation of residents' waste. This study aimed to analyze the amount of runoff discharge that occurred in the area of Jalan Trip Yunus, Pagar Alam City. The method used was rational method in calculating runoff flow, rainfall calculation using frequency analysis, channel capacity calculation using Manning formula. From the results of the analysis, it was found that the area of the watershed is 14.1068 ha. Based on the calculation results, the runoff discharge for the 10-year return period is 13.05 m³/sec and the existing drainage channel capacity is 13.91 m³/sec. It was concluded that the existing drainage canal could accommodate the planned discharge, so that the cause of the flood was garbage that had accumulated in the drainage canal because some areas were traditional market areas.

Keywords: draft discharge; drainage evaluation; flood

I. PENDAHULUAN

Kota Pagar Alam merupakan salah satu kota dalam Provinsi Sumatera Selatan dan terletak di bawah kaki Gunung Dempo. Kota Pagar Alam terus mengalami perkembangan dan pertumbuhan, baik perkembangan dibidang infrastruktur hingga pertumbuhan jumlah penduduk. Pertumbuhan ini sejalan kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi yang didukung sumber daya manusia yang memadai (Dinata dan Diansari, 2021). Kemajuan perkembangan infrastruktur di Kota Pagar Alam dapat dilihat dengan semakin banyaknya pembangunan rumah toko, pelebaran jalan dan gedung-gedung bertingkat. Meningkatnya kebutuhan lahan akan permukiman berdampak pada berkembangnya pembukaan lahan-lahan baru yang ada di kota yang digunakan untuk kegiatan areal permukiman dan perumahan (Warsilan, 2021).

Perkembangan infrastruktur serta pertumbuhan penduduk dapat menyebabkan terjadinya peralihan tata guna lahan di Kota Pagar Alam. Perubahan tata guna lahan akan meningkatkan limpasan permukaan sehingga menyebabkan terjadinya banjir pada suatu daerah (Amrulloh, Widiarti dan Halik, 2021). Lahan yang sebelumnya adalah area resapan air berubah sebagai area perumahan ramai penduduk. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi di perumahan padat penduduk adalah drainase yang tidak berfungsi dengan baik (Pochwat, 2017).

Berubahnya fungsi lahan serta pengelolaan sampah rumah tangga yang belum baik pada daerah perumahan yang padat penduduk dapat menyebabkan terjadinya banjir pada daerah tersebut (Diansari, Saptomo dan Setiawan, 2019). Salah satu infrastruktur pengendali banjir adalah drainase. Drainase berfungsi untuk mengalirkan aliran limpasan yang selanjutnya di alirkan ke badan sungai (Jia, Sitzenfrei, Rauch dan Liang, 2019).

Salah satu daerah di Kota Pagar Alam yang kerap terjadi luapan air dari saluran drainase yang merembes ke jalan hingga menyebabkan banjir adalah di jalan Trip Yunus yang terletak di Kecamatan Pagar Alam Utara. Di daerah ini sebagian besar lahan merupakan perumahan warga dengan kondisi drainase yang tergenang air dan tercemar dengan sampah. Drainase yang memiliki fungsi mengalirkan aliran limpasan seharusnya tidak boleh tergenang air bahkan tercemar oleh sampah karena kondisi drainase yang demikian dapat menyebabkan air meluap dan tumbuhnya bibit penyakit (Suhardjono dan Andawayanti, 2016). Oleh

karena itu, dibutuhkan infrastruktur drainase dengan dimensi yang tepat untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut (Lubis, 2021).

Tujuan penelitian ini ialah untuk menganalisis besarnya debit limpasan yang terjadi di daerah Jalan Trip Yunus Kota Pagar Alam, selanjutnya dievaluasi kapasitas saluran drainase, untuk mengetahui program penanganan yang akan dilakukan.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi penelitian

Lokasi pada penelitian ini adalah Jalan Trip Yunus Kecamatan Pagar Alam Utara, Kota Pagar Alam, Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Pengumpulan Data

Data pada pelaksanaan penelitian ini meliputi data curah hujan yang berlangsung 10 tahun terakhir dari tahun 2012 sampai tahun 2021 yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), peta tata guna lahan, peta topografi dan kemiringan lahan yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Pagaralam dan dimensi dan kemiringan saluran drainase yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan.

C. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dibutuhkan untuk menentukan nilai intensitas hujan yang berlangsung di lokasi yaitu Jalan Trip Yunus Kota Pagar Alam. Data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari BMKG kemudian dianalisis menggunakan analisis frekuensi distribusi Normal, Log Normal, Log Person III dan Gumbel. Fungsi distribusi normal ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_{T_r} S \quad (1)$$

Dimana:

- X_T : hujan rancangan dengan periode ulang T-tahun
- \bar{X} : nilai rata-rata hitung varian
- S : deviasi standar nilai varian
- K_{Tr} : faktor frekuensi, fungsi dari peluang

Fungsi distribusi log normal ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{log}\bar{X} + K_{Tr} S_{\text{log}X} \quad (2)$$

$$Cv = \frac{S_{\text{log}x}}{\text{log}\bar{X}} \quad (3)$$

$$S_{\text{log}x} = \sqrt{\frac{\sum(\text{log}X - \text{log}\bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (4)$$

Dimana :

- X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun
- $\text{Log } \bar{X}$: nilai rata-rata dalam harga logaritmik
- $S_{\text{log}x}$: deviasi standar dalam harga logaritmik
- K_{Tr} : faktor frekuensi dari log normal
- Cv : koefisien variasi dari log normal w parameter

Tiga parameter penting dalam distribusi log pearson III adalah nilai rata-rata, deviasi standar dan koefisien skewness. Jika koefisien skewness sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi log normal. Berikut adalah persamaan distribusi log pearson III:

$$\text{Log } X_T = \text{log}\bar{X} + K_{Tr} S_{\text{log}X} \quad (5)$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{log}X_i}{n} \quad (6)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log}X_i - \text{log}\bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (7)$$

$$Cs = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log}X_i - \text{log}\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \right] \quad (8)$$

Dimana :

- X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun
- $\text{Log } \bar{X}$: nilai rata-rata dalam harga logaritmik
- $S_{\text{log}x}$: deviasi standar dalam harga logaritmik
- K_{Tr} : faktor frekuensi dari Log-Pearson Tipe III
- Cs : koefisien kemencengan dari Log-Pearson Tipe III

Besaran hujan atau debit dengan perioda ulang T tahun dapat dihitung berdasarkan distribusi Gumbel dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_{Tr} S \quad (9)$$

Faktor frekuensi Ktr untuk distribusi Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K_{Tr} = \frac{(Y_{Tr} - Y_n)}{S_n} \quad (10)$$

$$Y_{Tr} = -\text{In} \left(-\text{In} \frac{Tr-1}{Tr} \right) \quad (11)$$

Dimana :

- X_T : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan priode ulang T-tahun
- S : standar deviasi sampel
- Y_n : *reduced mean* yang tergantung pada jumlah data
- S_n : *reduced standart deviation* yang juga tergantung pada jumlah data
- Y_{tr} : *reduced variate*

Selanjutnya dilakukan uji kecocokan dengan metode uji Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov untuk memilih distribusi curah hujan yang akan dianalisis untuk mengetahui nilai intensitas hujan (Suripin, 2004).

D. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan (*I*) merupakan level kejadian curah hujan dalam rentang waktu, dimana jumlah air yang jatuh tersebut terkonsentrasi (Loebis, 1992). Kurva frekuensi intensitas-lamanya merupakan suatu kurva yang menyatakan persamaan dimana *t* sebagai absis dan *I* sebagai ordinat. Dalam menghitung *run off* menggunakan kurva frekuensi dengan metode rasional. Sedangkan dalam penentuan nilai debit puncak memakai intensitas curah hujan dimana sama dengan waktu pengaliran curah hujan yang ditinjau di bagian dari titik di hulu ke titik di hilir wilayah pengaliran (Takeda, 2003).

Adapun analisis keterkaitan parameter hujan yang utama yaitu intensitas dan durasi dapat dikaitkan secara statistik menggunakan suatu frekuensi terjadinya. Menurut Loebis (1992) menyatakan penyajian data secara grafik keterkaitan parameter hujan yakni Kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF). Dalam membuat lengkung *Intensity Duration Frequency* (IDF) hitung intensitas curah hujan dengan kelipatan durasi tertentu, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, dan selanjutnya, dimana setiap lengkungan menggantikan satu masa ulang (misal 10, 25, dan 50 tahunan).

Analisis *Intensity Duration Frequency* (IDF) membutuhkan analisis frekuensi dengan memakai data seri yang didapatkan dari catatan data stasiun hujan. Apabila tidak tersedia waktu dalam mengamati besarnya intensitas curah hujan atau disebabkan oleh karena tidak terdapat alatnya, maka dilakukan dengan sistem empiris memakai persamaan eksperimental seperti Mononobe, Sherman, Ishguro, dan Talbot.

Intensitas curah hujan dideferensialkan dari perhitungan intensitas curah hujan harian dengan Metode Mononobe (Loebis, 1992):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} Y_{tr} \tag{12}$$

Keterangan:

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- R_{24} = curah hujan maksimum dalam sehari (mm)
- t = lamanya hujan (jam)

E. Analisis Debit Banjir Rencana

Dalam menganalisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Metode rasional telah banyak digunakan untuk perencanaan drainase wilayah pengaliran yang relatif sempit dan untuk sungai-sungai dengan wilayah pengalirannya yang besar (Takeda dan Sosrodarsono, 2003). Persamaan Metode rasional dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = 0,278 C I A \tag{13}$$

Dengan:

- Q : Debit dari puncak limpasan permukaan (m³/detik)
- C : Koefisien Pengaliran
- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A : Luasan daerah pengaliran (km²)

Koefisien (C) dinyatakan sebagai nisbah puncak antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas curah hujan yang dapat di dari Tabel Koefisien Limpasan.

F. Analisis Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran dapat dihitung sesuai dengan kondisi dimensi penampang saluran yang terdapat di daerah penelitian. Untuk menganalisis kapasitas saluran dapat digunakan metode *Manning*:

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \tag{14}$$

Dengan:

- Q = Debit rencana (m³/detik)
- A = Luas tampang basah (m²)
- R = Radius hidrolis (m)
- S = Kemiringan saluran
- n = Koefisien kekasaran *Manning*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Curah Hujan (CH)

Dalam menganalisis curah hujan data yang digunakan diperoleh dari data hujan sepanjang 10 tahun yaitu dari

tahun 2010 sampai tahun 2019 yang tercatat pada Stasiun Klimatologi PTPV VII Kota Pagar Alam.

TABEL 1. Data Curah Hujan Maksimum Harian

No	Tahun	CH Maks (mm)
1	2012	84
2	2013	114
3	2014	102
4	2015	133
5	2016	130
6	2017	133
7	2018	108
8	2019	111
9	2020	101
10	2021	143

Sumber: PTPN VII, 202

B. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan dalam perhitungan distribusi yakni distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi *Gumbel* dan distribusi Log *Pearson* III. Berikut adalah tabel perhitungan curah hujan dengan 4 perhitungan distribusi.

TABEL 2. Perhitungan CH dengan Metode Distribusi Normal

T_r (Tahun)	K_{tr}	X_{tr} (m ³ /det)
2	0	91,500
5	0,84	122,557
10	1,28	138,825
25	1,7	154,354
50	2,05	167,295
100	2,33	177,647

TABEL 3. Perhitungan CH dengan Metode Distribusi Log Normal

T_r (Tahun)	K_{Tr}	$\text{Log} X_{Tr}$	X_{Tr} (mm)
2	0	1,6430	43,956
5	0,84	2,0163	103,830
10	1,28	2,2119	162,878
25	1,7	2,3985	250,331
50	2,05	2,5541	358,144
100	2,33	2,6785	476,972

TABEL 4. Perhitungan CH dengan Metode Distribusi Gumbel

T_r (Tahun)	Y_{Tr}	X_{Tr}
2	-0,1352	86,5007
5	1,0586	130,6378
10	1,8490	159,8626
25	2,8476	196,7850
50	3,5885	224,1759
100	4,3239	251,3684

TABEL 5. Perhitungan CH Dengan Metode Distribusi Log Pearson III

T_r (Tahun)	K_{Tr}	$Log_{X_{Tr}}$	X_{Tr}
2	-0,222	1,544	35,026
5	0,857	2,024	105,652
10	1,521	2,319	208,416
25	2,283	2,658	454,626
50	2,796	2,886	768,426
100	3,277	3,099	1256,980

C. Analisis Uji Kecocokan

Berdasarkan Suripin (2004) analisis perhitungan uji kecocokan untuk mengetahui gambaran distribusi yang digunakan sudah mewakili data yang sebelumnya sudah dianalisis dengan metode perhitungan curah hujan.

TABEL 6. Rekapitulasi nilai X^2 dan $X^2\alpha$

Distribusi probabilitas	X^2 terhitung	$X^2\alpha$	Keterangan
Normal	1	5,99	Diterima
Gumble	2	5,99	Diterima
LogNormal	2	5,99	Diterima
LogPearson Type III	1	5,99	Diterima

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

m	R_{24} (mm)	Distribusi Frekuensi			
		Normal Δ	Log Normal Δ	Log Pearson III Δ	Gumbel Δ
1	143	-0,058	0,038	-0,007	0,039
2	133	0,244	0,045	0,026	0,065
3	133	0,426	0,136	0,117	0,156
4	130	0,291	0,188	0,182	0,216
5	114	-0,292	-0,045	0,019	-0,002
6	111	0,124	0,121	0,054	0,002
7	108	-0,040	-0,014	0,225	0,001
8	102	0,075	-0,059	-0,028	-0,084
9	101	-0,002	0,012	0,036	-0,019
10	84	0,070	-0,076	-0,088	-0,090
	Δ_{maks}	0,426	0,188	0,225	0,216
	Δ_{kritik}	0,409	0,409	0,409	0,409
Uji Kecocokan		Tidak Memenuhi	Diterima	Diterima	Diterima

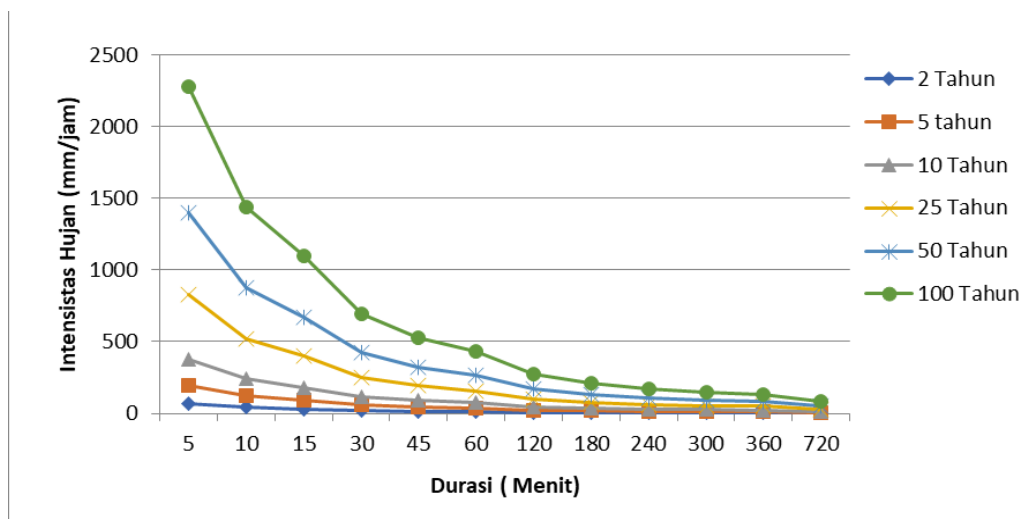
Setelah dilakukan analisis uji kecocokan dengan Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Square terhadap empat macam jenis distribusi frekuensi didapatkan hasil bahwa semua distribusi frekuensi diterima. Jika membandingkan kedua pengujian tersebut, maka distribusi Log Pearson type III mendapatkan nilai perhitungan yang paling baik diantara ketiga distribusi lainnya. Maka, untuk analisis selanjutnya digunakan curah hujan rancangan didapat dari nilai distribusi Log Pearson type III.

D. Analisis Intensitas Curah Hujan

Analisis intensitas curah hujan dilakukan dengan melihat keterkaitan antara durasi hujan dan intensitas hujan yang dinyatakan dalam bentuk kurva IDF (Intensity Duration Frequency). Dalam membuat kurva Intensity Duration Frequency (IDF) tersebut diperlukan perhitungan intensitas hujan dengan kelipatan durasi hujan 5, 10, 15, 30, 45, 60, 120, 180, 360 dan 720 menit.

TABEL 8. Intensitas Hujan Tiap Periode Ulang

Waktu (Menit)	Periode Ulang					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
5	63,647	191,982	378,716	826,110	1396,322	2284,084
10	40,095	120,941	238,576	520,417	879,628	1438,882
15	30,598	92,295	182,068	397,152	671,282	1098,073
30	19,276	58,142	114,696	250,190	422,881	691,743
45	14,710	44,371	87,529	190,931	322,719	527,898
60	12,143	36,627	72,254	157,610	266,398	435,771
120	7,650	23,074	45,517	99,288	167,820	274,518
180	5,838	17,609	34,736	75,771	128,071	209,497
240	4,819	14,536	28,674	62,548	105,720	172,936
300	4,153	12,526	24,710	53,902	91,107	149,031
360	3,678	11,093	21,882	47,733	80,680	131,975
720	2,317	6,988	13,785	30,070	50,825	83,139



Gambar 2. Kurva IDF Priode Ulang Rencana T Tahun

Intensitas hujan rencana diperoleh dari persamaan metode mononobe dan didapatkan hasil 369,844 mm/jam.

E. Analisis Debit Banjir Rencana dan Analisis Kapasitas Saluran Drainase

Metode analisis yang digunakan dalam menganalisis debit banjir rencana di Jalan Trip Yunus yakni dengan menggunakan persamaan metode rasional dan didapatkan debit 13,05 m³/det. Debit eksisting pada saluran drainase yang ada di lokasi

penelitian didapatkan dengan persamaan metode Manning adalah 13,91 m/det. Berdasarkan perbandingan debit di atas, maka volume saluran yang ada maka debit air masuk ke saluran dapat ditampung, sehingga tidak perlu ada perubahan terhadap dimensi saluran yang sudah ada.

IV KESIMPULAN

Genangan yang terdapat di sepanjang Jalan Trip Yunus disebabkan adanya limpasan air hujan yang ada tidak dapat mengalir ke dalam saluran drainase yang

tersedia, dikarenakan saluran drainase bersifat tertutup dan elevasinya lebih tinggi sehingga limpasan air tidak mengalir ke saluran drainase yang tersedia. Selain itu, limpasan terjadi karena adanya sampah yang menumpuk karena kawasan sekitar merupakan kawasan pusat perdagangan berupa pasar tradisional. Dengan debit banjir rencana $Q_{10} = 13,05 \text{ m}^3/\text{detik}$, dimensi saluran yang terdapat di Jalan Trip Yunus mampu menampung debit banjir rencana. Debit maksimum saluran drainase yang ada sebesar $13,91 \text{ m}^3/\text{det}$.

REFERENSI

- Amrulloh, M., Widiarti, W.Y. dan Halik, G., 2021. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Kaliurang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, [e-journal] 12(2), pp.81-91. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.01>
- Diansari, L.E., Saptomo, S.K. and Setiawan, B.I., 2019. Water and Land Productivity of Lettuce (*Lactuca sativa*) at Floating Pot on Wetland. *Sriwijaya Journal of Environment*, [e-journal] 4(2), pp.104-108. <http://dx.doi.org/10.22135/sje.2019.4.2.104-108>
- Dinata, A. dan Diansari, L.E., 2021. Optimasi Sumber Daya Air di Sub DAS Air Betung, Kota Pagar Alam Sumatera Selatan. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, [e-journal] 19(1) pp.27-38. <http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v19i1.8215>
- Jia, N., Sitzenfrei, R., Rauch, W., Liang, S., and Liu, Y., 2019. Effects of Urban Forms on Separate Drainage Systems: A Virtual City Perspective. *Water* [e-journal] 11(4), pp.758. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11040758>
- Loebis, J., 1992. Banjir rencana untuk bangunan air. *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Lubis, K., 2021. Evaluation of Dimensions and Drainage Performance Office in the Aceh Tamiang Area Kuala Simpang. *Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal*, [e-journal] 3(1), pp.20-32. <https://doi.org/10.33258/bioex.v3i1.355>
- Pochwat, K., 2017. Hydraulic Analysis Of Functioning Of The Drainage Channel With Increased Retention Capacity. In: *E3S web of conferences*. EDP Sciences p. 00075. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20171700075>
- Suhardjono, S. dan Andawayanti, U., 2016. Kajian Penanganan Genangan pada Sub-Sistem Drainase Jangkok Kota Mataram. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, [e-journal] 7(1), pp.17-24. <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/247>
- Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Takeda, K., dan Sosrodarsono, S., 2003. Hidrologi untuk Pengairan. Editor Sosrodarsono, S. *PT Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Warsilan, W., 2019. Dampak Perubahan Guna Lahan Terhadap Kemampuan Resapan Air (Kasus: Kota Samarinda). *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, [e-journal] 15(1), pp.70-82. <https://doi.org/10.14710/pwk.v15i1.20713>