

PENINGKATAN SISTEM DRAINASE PADA KAWASAN DAYUNG KOTA SANGGATA KABUPATEN KUTAI TIMUR

Muhammad Rafly Ifra Ma'ruf¹, Sriliani Surbakti², dan Erni Yulianti³
^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
Email : raflyifra07@gmail.com¹

ABSTRACT

The problem of flooding in Sangatta City which occurs every year during the rainy season is always a concern that must be addressed immediately. The occurrence of a series of floods in a relatively short time and recurring every year, demands greater efforts to anticipate them. The rapid development of population has caused land that previously functioned as a green open area as an area capable of absorbing and storing rainwater to temporarily turn into a built-up area. This condition brings various problems, one of which is the flooding experienced in the Sangatta City Rowing Area. The aim of this study is to improve the performance of the existing drainage system as a form of effort to overcome flooding in the Paddle Area of Sangatta City. Based on existing conditions, drainage channel A in the Dayung area has $Q = 0.032 \text{ m}^3/\text{sec}$ and a channel length of 305 meters. With a square channel shape, where the width of channel A is 0.3 meters. From the results of the analysis that has been carried out, it is concluded that to optimize the performance of the drainage system, it can be redesigned into a closed channel with a Uditch size of 30x40. The performance of the drainage system in the Dayung area is not optimal because there is a damaged channel, namely channel A, and sedimentation problems.

Key words: *Flood, Drainage, and Area.*

ABSTRAK

Permasalahan banjir di Kota Sangatta yang terjadi setiap tahun pada musim hujan selalu menjadi perhatian yang harus segera diatasi. Terjadinya serangkaian banjir dalam waktu yang relatif singkat dan berulang setiap tahunnya, menuntut upaya yang lebih besar untuk mengantisipasinya. Pesatnya perkembangan penduduk menyebabkan lahan yang semula berfungsi sebagai area terbuka hijau sebagai daerah yang mampu meresapkan dan menampung air hujan untuk sementara telah berubah menjadi daerah terbangun. Kondisi ini membawa berbagai masalah, salah satunya banjir yang di rasakan di Kawasan Dayung Kota Sangatta. Tujuan dari studi ini adalah untuk meningkatkan kinerja sistem drainase yang telah ada sebagai bentuk usaha dalam mengatasi banjir di Kawasan Dayung Kota Sangatta. Berdasarkan kondisi eksisting saluran drainase A di Kawasan Dayung memiliki $Q = 0,032 \text{ m}^3/\text{det}$ dan panjang saluran 305 meter. Dengan bentuk saluran persegi, dimana lebar saluran A yaitu 0,3 meter. Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa untuk optimalisasi kinerja sistem drainase dapat dilakukan dengan redesain menjadi saluran tertutup dengan Uditch ukuran 30x40. Kinerja sistem saluran drainase di Kawasan Dayung tidak optimal karena terdapat saluran yang rusak yaitu saluran A serta masalah sedimentasi.

Kata Kunci : *Banjir, Drainase, dan Area.*

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan Kota Sangatta menjadi ketertarikan penduduk lain untuk bermigrasi yang menyebabkan kenaikan jumlah penduduk yang cukup pesat sehingga menuntut perluasan lahan terbangun untuk perumahan dan fasilitas umum. Dengan demikian hal tersebut yang bertanggungjawab atas berkurangnya lahan terbuka hijau sebagai daerah penyerapan dan penampung air karena lahan yang berubah menjadi daerah terbangun. Permasalahan banjir di Kota Sangatta terjadi hampir setiap tahun pada musim hujan yang menjadi perhatian karena

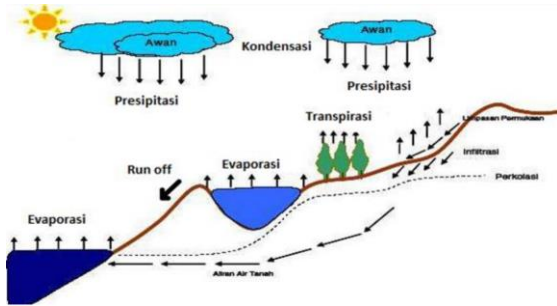
banjir bukan hanya menyebabkan permukiman tergenang, tetapi dapat merusak fasilitas pelayanan sosial masyarakat dan prasarana publik.. Kawasan Dayung Kota Sangatta merupakan lokasi yang menjadi perhatian dimana lokasi meliputi jalan rumbia, jalan rajawali, jalan sunkis dan jalan rukun kelurahan Teluk Lingga. Berdasarkan hasil survei kondisi drainase yang ada tidak memenuhi kaidah teknis, seperti banyak ditumbuhi tanaham liar dan terdapat banyak endapan sedimentasi yang berdampak pada kinerja drainase yang tidak maksimal karena drainase tidak dapat mengalirkan air secara baik, khususnya ketika terjadi hujan

dengan curah yang tinggi. Dengan demikian diperlukan upaya penanganan saluran drainase agar permasalahan banjir pada Kota Sangatta dapat teratasi dan tidak terjadi kerugian material maupun korban jiwa.

2. DASAR TEORI

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Soemarto, 1987)



Gambar 1. Siklus hidrologi

Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi bertujuan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan hujan yang berpengaruh pada besarnya debit sungai sekarang. Data hujan harian selanjutnya akan diolah menjadi debit banjir rencana. Data hujan harian didapatkan dari beberapa stasiun di sekitar lokasi rencana bendungan, di mana stasiun tersebut masuk dalam daerah pengaliran (Soemarto, 1987).

Konsistensi Data Curah

Uji konsistensi data adalah sebuah tahap perhitungan dimana data yang ada akan di uji keakuratannya terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan curah hujan andalan dan efektif. Pada uji konsistensi data curah hujan ini menggunakan metode kurva massa ganda (double mass curve). Data yang diperoleh adalah dengan kurun waktu 10 tahun dimulai dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022.

Curah Hujan Rata-rata Daerah

Dalam menganalisa curah hujan rata-rata daerah, digunakan data sekunder untuk menentukan curah hujan harian maksimum. Adapun metode yang digunakan yaitu metode Polygon Thiessen yang dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A}$$

Dimana :

- R = curah hujan rerata tahunan (mm)
- R_1, R_2, R_n = curahn hujan rerata tahunan di tiap titik pengamatan (mm)
- A_1, A_2, A_3 = luas wilayah yang dibatasi poligon
- A = luas daerah penelitian

Curah Hujan Rancangan

Data curah hujan harian rerata daerah (X_i) yang telah diketahui digunakan sebagai bahan analisis frekuensi untuk menghitung nilai parameter statistik. Nilai parameter statistik terdiri dari nilai hujan rerata (X_{rt}), nilai standar deviasi (S_d), nilai koefisien kepeccengan (C_s), nilai koefisien keruncingan (C_k), dan nilai koefisien variasi (C_v).

Standar Deviasi (S_d)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n-1}}$$

Koefisien Kepeccengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \times \sum (X_i - X_{rt})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S_d^3}$$

Koefisien Keruncingan (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \times \sum (X_i - X_{rt})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S_d^4}$$

Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_d}{X_{rt}}$$

Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkorvesikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis menggunakan rumus-rumus di bawah ini:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n}$$

$$S_{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_1^3}$$

Nilai X bagi setiap probabilitas dihitung dari persamaan :

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + k \cdot S_{\text{Log } X}$$

Dimana :

- $\text{log } X$ = logaritma rata-rata
- $S_{\text{Log } X}$ = standar deviasi dari logaritma
- C_s = koefisien kepeccengan
- k = faktor frekuensi
- n = jumlah data

Uji Distribusi Probabilitas

Untuk mengetahui apakah suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih, maka setelah penggambarannya pada kertas probabilitas perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian ini biasanya dengan uji kesesuaian (testing of goodness of fit) yang dilakukan dengan dua cara yaitu Smirnov Kolmogorof dan Uji Chi Square.

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh, maka koefisien pengaliran (Run Off) bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah aliran. Untuk daerah aliran dengan penggunaannya bervariasi, maka koefisiennya merupakan gabungan antara beberapa nilai koefisien pengaliran. Dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$C_{\text{gabungan}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

$C_{gabungan}$ = koefisien pengaliran gabungan

C_1, C_2, C_n = koefisien pengaliran di tiap titik

Pengamatan (mm)

A_1, A_2, A_n = luas wilayah pada titik pengamatan

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik yang paling jauh pada daerah aliran sampai dengan titik yang ditinjau. Untuk debit banjir perkotaan, waktu konsentrasi (T_c) terdiri dari waktu yang diperlukan bagi air untuk mengalir dipermukaan tanah ke saluran terdekat (T_i) dan waktu yang diperlukan bagi air yang mengalir di saluran sampai ketitik yang ditinjau (T_f).

Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah besarnya curah hujan rata-rata yang terjadi disuatu daerah dalam satu-satuan waktu tertentu yang sesuai dengan waktu konsentrasi pada periode ulang tertentu. Lama konsentrasi untuk daerah berbeda-beda. Intensitas hujan merupakan suatu fungsi lama dari suatu curah hujannya. Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi yaitu waktu yang dibutuhkan oleh air terjaduh untuk mengalir menuju muara sawah. Pada umumnya makin besar waktu (t) intensitas hujannya makin kecil.

Debit Aliran

Untuk mengetahui besar debit aliran drainase perkotaan, digunakan perhitungan dengan metode rasional.

$$Q = \frac{1}{3,6} C \times I \times A \text{ (m}^3/\text{detik)}$$

Dimana :

Q = kapasitas pengaliran (m^3/detik)

1/3,6 = faktor konversi

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

Debit Domestik

Debit domestik adalah banyaknya air buangan yang berasal dari aktifitas manusia, seperti pembuangan limbah rumah tangga. Untuk menghitung besarnya debit domestik digunakan rumus:

$$\text{QRT} = (\text{kebutuhan air} \times \text{luas} \times \text{kepadatan penduduk}) \times 70\%$$

Kebutuhan air tiap jam diasumsikan pada kategori kota besar adalah 100/lt/orang/hari. Jumlah penduduk tiap 1 daerah aliran dengan asumsi 5 orang per rumah 90% presentase jumlah air buangan dari kebutuhan air.

Debit Total

Debit Total adalah seluruh debit yang masuk dalam saluran drainase. Rumus untuk menghitung debit total:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{aliran}} + Q_{\text{domestik}}$$

Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Perhitungan-perhitungan dalam drainase yaitu ditinjau dari aspek hidrolika lebih diutamakan mengenai dimensi saluran.

Jenis Saluran Menurut Fungsi

- Single Purpose, yaitu yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
- Multi Purpose, yaitu berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

Jenis Saluran Menurut Konstruksi

- Saluran terbuka, yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan.
- Saluran tertutup, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

Dimensi Saluran

Sebelum merencanakan dimensi saluran, langkah pertama yang harus diketahui adalah luasan daerah yang dikeringkan oleh saluran tersebut, setelah itu dilakukan perhitungan dimensi saluran menggunakan rumus manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana :

n = koefisien kekerasan dinding (*manning*)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

V = kecepatan aliran (m/det)

Rumus debit aliran :

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

Dimana :

n = koefisien kekerasan dinding (*manning*)

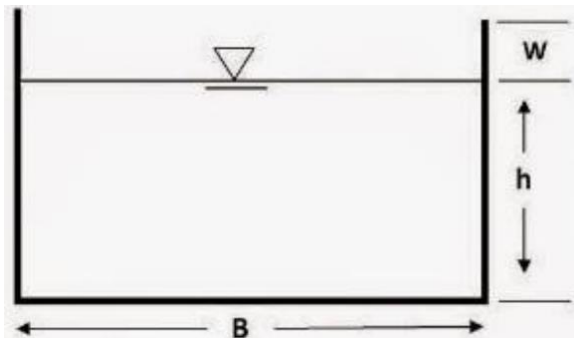
R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

Q = debit aliran (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

Bentuk Penampang



Gambar 2. Bentuk saluran

Ket :

W = tinggi jagaan

h = tinggi muka air

B = lebar dasar saluran

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Kota Sangatta adalah sebuah kota yang terletak di provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Kota Sangatta adalah Ibu Kota Kabupaten Kutai Timur.



Gambar 3. Lokasi Studi

Teknik pengumpulan Data

a. Data yang diambil langsung di lokasi penelitian

- Data kapasitas saluran eksisting
Data kapasitas saluran eksisting didapat dari pengukuran langsung dilapangan yang dilakukan di lokasi studi. Data ini digunakan untuk menganalisa saluran yang sudah ada, agar dapat 29 diketahui apakah saluran tersebut masih mampu menampung debit rancangan.
- Peta lokasi studi
Peta lokasi studi didapat dari gambar google earth yang kemudian di gambar ulang menggunakan aplikasi archgis. Peta lokasi studi diperlukan untuk mengetahui letak lokasi yang akan dijadikan objek penelitian.

b. Data yang diperoleh dari instansi terkait dan studi terdahulu.

- Data curah hujan
Data hujan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Sangatta. Dimana data tersebut diperlukan untuk menghitung debit rancangan.
- Peta Topografi
Peta topografi diperlukan untuk menentukan arah aliran dan menentukan slope saluran menuju sungai utama selain itu peta topografi juga diperlukan untuk menentukan luas daerah pengaliran. Peta topografi menggambarkan ketinggian yang sama untuk setiap garisnya.
- Peta tata guna lahan
Peta tata guna lahan diperlukan untuk mengetahui peruntukan lahan di daerah lokasi penelitian berkaitan dengan kerapatan tanah yang mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

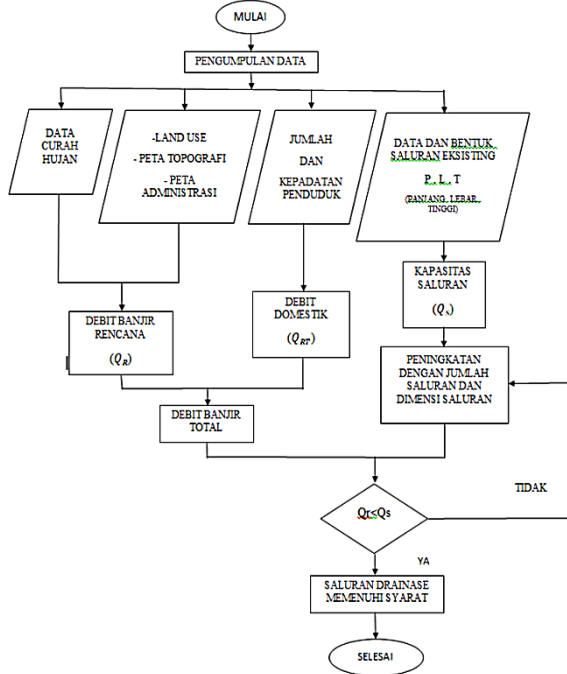
Teknik Analisis dan Penyajian

Demi mencapai hasil-hasil yang diharapkan dan sesuai dengan data-data yang tersedia, langkah-langkah yang harus dipenuhi adalah:

1. Untuk permasalahan saluran-saluran yang teridentifikasi tidak memenuhi syarat kapasitasnya:
 - a. Menghitung curah hujan rerata harian maksimum
 - b. Menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Gumbel dan log Person Type III. 30
 - c. Menghitung intensitas curah hujan.
 - d. Menghitung besarnya koefisien pengaliran berdasarkan peta tata guna lahan.
 - e. Menentukan luas daerah pengaliran.
 - f. Menghitung debit air hujan rancangan dengan metode Rasional.
 - g. Menghitung debit maksimum saluran eksisting.
 - h. Analisa debit rencana terhadap kapasitas saluran eksisting.
 - i. Melakukan peningkatan kapasitas terhadap saluran yang rusak.
2. Untuk permasalahan sampah pada dasar saluran, saluran yang rusak, serta saluran yang bersedimen:
 - a. Mengamati secara langsung kondisi eksisting saluran.
 - b. Mencari informasi kepada masyarakat yang bermukim didaerah penelitian untuk mengetahui dengan jelas bagaimana kondisi daerah pada saat hujan.

- c. Menganalisa penyebab terjadinya sampah pada dasar saluran, saluran yang rusak, serta saluran yang berسدimen.
- d. Memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian dari tahun 2013 –2022. Data curah hujan harian yang digunakan diperoleh dari Stasiun Papa Charlie, Stasiun Hatari South dan Stasiun Sangatta Utara selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Data curah hujan stasiun ketiga stasiun tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Curah hujan stasiun Papa Charlie

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2013	51	54.5	102	87	64	38	30	40	29	16.5	78	74
2014	34	58	46	62	30	59	22.5	68	45	35	63	132
2015	64	60	61.5	55	42	45	22.5	24	2	6	64	40
2016	72.5	38	16.5	19	29	30	70.5	29	72	29.5	71	58
2017	42	72	70	40.5	70	13.5	67	11	48.5	38	70	35
2018	64	42	72	66	36	23	38	41.5	33	46	28.5	33
2019	88	23	91	63.5	55.5	43	35	38	3.5	28	97	44
2020	30	19.5	86	50	68.5	19	25.5	17	25	47.5	50	55
2021	65	35	61	30	49.5	70.5	33.5	24	7	30	55	55
2022	35	44	83	25	47	40	75	65	69	90	77	86

Tabel 4.2 Curah hujan stasiun Hatari South

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2013	52	55	35	102	57	53	39	39	31	20	52.5	36
2014	47	46	19	49.5	31.5	77	31	60	52.5	34.5	65	98
2015	57	84	58	82	22	31	12.5	17.5	0	23	60	29.5
2016	16	33	24.5	20	51	22	26	43	41	24	60	80
2017	49	77	68	78	74	13	43	20	60	27	73	52
2018	55	33.5	42.5	52	9	77	35	35	26.5	48.5	43	51
2019	86	22	53	41	40	45	20	15	9.5	45	67	40.5
2020	21.5	23	55.5	25.5	46	19	25	21.5	36.5	38	113	60.5
2021	62	40.5	35.5	36	43.5	25	26	55	64	22	12	34
2022	62	78	43	44	27	85	13	57	60	47	43	33

Tabel 4.3 Curah hujan stasiun Sangatta Utara

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2013	63	83	132	30	42	47.5	16.5	41	46	16	60	64
2014	34	18	23	53	68	76	42	37	35	24	155	118
2015	42	56	38	41	35.5	77	104	38	5	38	79	46
2016	41	23	30	51	40	21	24.5	34	33	56	43	33
2017	50	94	73	73	29	28	59	50	42	145	73	84.5
2018	50	59	84	102	23	46	46.5	46.5	39	42	31	57
2019	27	20	109	90	31	49	39	76	11.5	86	50	58
2020	51.5	34.5	62	87.00	28	39	20	75.5	30	54	49	64
2021	31	88	45	45	69	9	22.5	18	9	12	55	10
2022	52	77	85	35	65	56	33	10	66	24	37	56

Tabel 4.4 Curah hujan maksimum

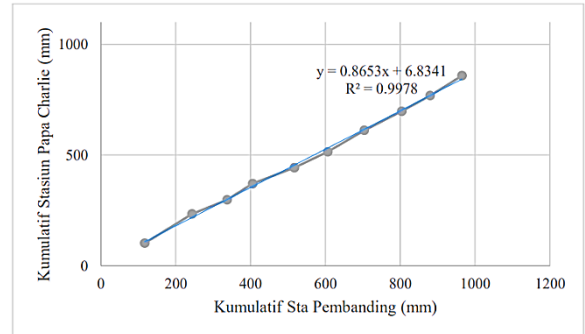
No	Tahun	Curah Hujan (mm)			Curah Hujan Maks
		Papa Charlie	Hatari South	Sangatta Utara	
1	2013	102	102	132	132
2	2014	132	98	155	155
3	2015	64	84	104	104
4	2016	72.5	80	56	80
5	2017	72	78	145	145
6	2018	72	77	102	102
7	2019	97	86	109	109
8	2020	86	113	87	113
9	2021	70.5	64	88	88
10	2022	90	85	85	90

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Perhitungan uji konsistensi data dapat dilihat pada Tabel 4.5 hingga Tabel 4.7

Tabel 4.5 Uji konsistensi data hujan stasiun Papa Charlie

Tahun	Stasiun Papa Charlie	Kumulatif	Stasiun Pembanding		Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
			Hatari South	Sangatta Utara		
2013	102	102	102	132	117	117
2014	132	234	98	155	126.5	243.5
2015	64	298	84	104	94.0	337.5
2016	72.5	370.5	80	56	68.0	405.5
2017	72	442.5	78	145	111.5	517.0
2018	72	514.5	77	102	89.5	606.5
2019	97	611.5	86	109	97.5	704.0
2020	86	697.5	113	87	100.0	804.0
2021	70.5	768	64	88	76.0	880.0
2022	90	858	85	85	85.0	965.0



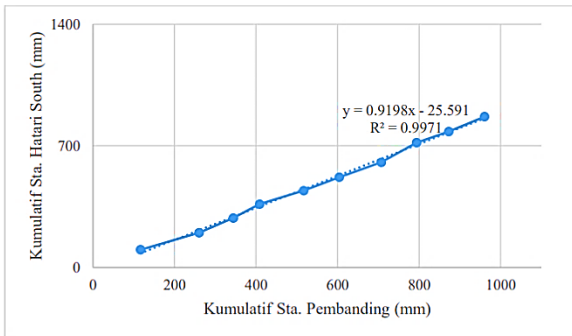
Gambar 5. Hasil uji konsistensi stasiun Papa Charlie

Keterangan :

1. Tabel 4.5 merupakan tabel data curah hujan rata-rata 10 tahun terakhir dari stasiun hujan Papa Charlie
2. Gambar 5 uji kumulatif, didapatkan nilai $R^2 = 0,9978$ ($0,85 < R^2 < 1$). Data curah hujan stasiun Papa Charlie konsisten sehingga dapat diterima.

Tabel 4.6 Uji konsistensi data hujan stasiun Hatari South

Tahun	Stasiun Hatari South	Kumulatif	Stasiun Pemandang		Rerata Pemandang	Kumulatif Pemandang
			Papa Charlie	Sangatta Utara		
2013	102	102	102	132	117	117
2014	98	200	132	155	143.5	260.5
2015	84	284	64	104	84.0	344.5
2016	80	364	72.5	56	64.3	408.8
2017	78	442	72	145	108.5	517.3
2018	77	519	72	102	87.0	604.3
2019	86	605	97	109	103.0	707.3
2020	113	718	86	87	86.5	793.8
2021	64	782	70.5	88	79.3	873.0
2022	85	867	90	85	87.5	960.5



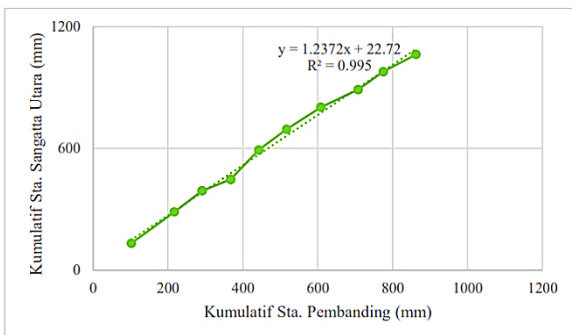
Gambar 6. Hasil uji konsistensi stasiun Hatari South

Keterangan :

1. Tabel 4.6 merupakan tabel data curah hujan rata-rata 10 tahun terakhir dari stasiun hujan Hatari South
2. Gambar 6 uji kumulatif, didapatkan nilai $R^2 = 0,9971$ ($0,85 < R^2 < 1$). Data curah hujan stasiun Hatari South konsisten sehingga dapat diterima.

Tabel 4.7 Uji konsistensi data hujan stasiun Sangatta Utara

Tahun	Stasiun Sangatta Utara	Kumulatif	Stasiun Pemandang		Rerata Pemandang	Kumulatif Pemandang
			Papa Charlie	Hatari South		
2013	132	132	102	102	102	102
2014	155	287	132	98	115.0	217.0
2015	104	391	64	84	74.0	291.0
2016	56	447	72.5	80	76.3	367.3
2017	145	592	72	78	75.0	442.3
2018	102	694	72	77	74.5	516.8
2019	109	803	97	86	91.5	608.3
2020	87	890	86	113	99.5	707.8
2021	88	978	70.5	64	67.3	775.0
2022	85	1063	90	85	87.5	862.5



Gambar 7. Hasil uji konsistensi stasiun Sangatta Utara

Keterangan :

1. Tabel 4.7 merupakan tabel data curah hujan rata-rata 10 tahun terakhir dari stasiun hujan Sangatta Utara
2. Gambar 7 uji kumulatif, didapatkan nilai $R^2 = 0,995$ ($0,85 < R^2 < 1$). Data curah hujan stasiun Hatari Sangatta Utara sehingga dapat diterima.

Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rerata daerah dilakukan menggunakan metode Thiessen Poligon. Hasil analisis luas pengaruh stasiun berdasarkan metode thiessen poligon ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 4.8 Curah hujan rerata daerah

Tahun	Curah Hujan (mm)			Curah Rerata Daerah (mm)
	Papa Charlie	Hatari South	Sangatta Utara	
2013	102	102	132	116.13
2014	132	98	155	129.88
2015	64	84	104	90.47
2016	72.5	80	56	67.59
2017	72	78	145	108.68
2018	72	77	102	88.04
2019	97	86	109	98.46
2020	86	113	87	96.76
2021	70.5	64	88	76.27
2022	90	85	85	85.74

Analisis Curah Hujan Rancangan

Sebelum analisis dilakukan, data curah hujan rerata daerah diurutkan terlebih dahulu dari nilai terendah ke tertinggi. Analisa nilai parameter statistik dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Parameter statistik

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - X_{rt})$	$(X_i - X_{rt})^2$	$(X_i - X_{rt})^3$	$(X_i - X_{rt})^4$
1	2016	67.59	-28.22	796.12	-22462.81	633799.65
2	2021	76.27	-19.53	381.56	-7453.10	145584.85
3	2022	85.74	-10.06	101.24	-1018.59	10248.70
4	2018	88.04	-7.76	60.25	-467.65	3629.93
5	2015	90.47	-5.33	28.46	-151.80	809.78
6	2020	96.76	0.96	0.92	0.89	0.85
7	2019	98.46	2.66	7.08	18.83	50.10
8	2017	108.68	12.88	165.80	2134.97	27490.90
9	2013	116.13	20.33	413.41	8405.65	170907.63
10	2014	129.88	34.08	1161.26	39572.79	1348535.24
Hujan Rerata (X_{rt})		95.80				
Jumlah		958,01	0	3116,09	18579,17	2341057,63

Keterangan :

X_i = curah hujan rerata daerah (mm)

X_{rt} = curah hujan rata-rata (mm)

Analisa nilai parameter statistik pada Tabel di atas, dapat diketahui hasil analisa dari nilai hujan rerata (X_{rt}), nilai standar deviasi (S_d), nilai koefisien 45 kepencengan (C_s), nilai koefisien keruncingan (C_k), dan nilai koefisien variasi (C_v) dengan jumlah data (n) yaitu 10. Berikut adalah analisa untuk mencari nilai parameter statistik data hujan:

1. Menghitung nilai standar deviasi (S_d)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_{rt})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3116,1}{10-1}}$$

$$= 18,61$$

2. Menghitung nilai koefisien kepeccengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum(Xi - Xrt)^3}{(n-1) \times (n-2) \times Sd^3} = \frac{10 \times 18579,17}{(10-1) \times (10-2) \times 18,61^3}$$

$$= 0,40$$

3. Menghitung nilai koefisien kerucangan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \times \sum(Xi - Xrt)^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times Sd^4} = \sqrt{\frac{10^2 \times 2341057,63}{(10-1) \times (10-2) \times (10-3) \times 18,61^4}}$$

$$= 3,87$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{Xrt} = \frac{18,61}{95,8} = 0,19$$

Beberapa hasil nilai parameter telah diketahui, selanjutnya dipilih metode distribusi sebagaimana tabel di bawah.

Tabel 4.10 Persyaratan parameter statistik suatu distribusi

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitung
1	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	0,40 3,87
2	Normal	Cs = 0 Ck = 0	0,40 3,87
3	Log Normal	Cs = 0.59 Ck = 3.625	0,40 3,87
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas	

Dari Tabel di atas dapat dilihat nilai parameter statistik berupa koefisien kepeccengan (Cs) dan koefisien kerucangan (Ck) tidak memenuhi persyaratan parameter statistik pada distribusi Gumbel, Normal, dan Log Normal. Maka digunakan jenis distribusi probabilitas Log Pearson Tipe III pada analisa selanjutnya.

Analisis Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson III

Tabel 4.11 Analisa Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Xi (mm)	LogXi	(LogXi-LogXrt)	(LogXi-LogXrt) ²	(LogXi-LogXrt) ³
1	2016	67.5851	1.830	-0.144	0.0208	-0.0029960
2	2021	76.2671	1.882	-0.092	0.0084	-0.0007705
3	2022	85.739	1.933	-0.041	0.0017	-0.0000681
4	2018	88.0386	1.945	-0.029	0.0009	-0.0000253
5	2015	90.4661	1.956	-0.018	0.0003	-0.0000054
6	2020	96.7608	1.986	0.012	0.0001	0.0000016
7	2019	98.4611	1.993	0.019	0.0004	0.0000071
8	2017	108.677	2.036	0.062	0.0039	0.0002398
9	2013	116.133	2.065	0.091	0.0083	0.0007522
10	2014	129.878	2.114	0.140	0.0195	0.0027161
Log Xrt		1.9740				
Jumlah		19.7401	0.0000	0.0641		-0.0001

Tabel 4.12 Analisa curah hujan periode ulang

Periode Ulang	Log Xrt	Cs LogXi	Sd LogXi	Kr (Interpolasi)	Log Xr	Xr (mm)
2	1.974	-0.034	0.084	0.006	1.974	94.30
5	1.974	-0.034	0.084	0.840	2.045	110.90
10	1.974	-0.034	0.084	1.278	2.082	120.75
25	1.974	-0.034	0.084	1.739	2.121	132.07
50	1.974	-0.034	0.084	2.036	2.146	139.91

Tabel di atas menunjukkan hasil analisa curah hujan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun. Nilai curah hujan periode ulang banjir yang digunakan pada analisa selanjutnya adalah periode ulang 10 tahunan.

Uji Distribusi Probabilitas

1. Uji Chi Kuadrat

Tabel 4.13 Analisa uji Chi Kuadrat

Batas Kelas	Ef	Of	Of-Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
67.59-83.16	2.5	4	1.5	0.90
83.17-98.74	2.5	4	1.5	0.90
98.74-114.31	2.5	1	-1.5	0.90
114.31-129.88	2.5	1	-1.5	0.90
Jumlah	10	10	0	3.60

Tabel di atas menunjukkan hasil analisa uji chi kuadrat. Dari hasil analisa didapatkan nilai untuk $X^2 = 3.60$ dengan nilai derajat kebebasan (Dk) = 2 dan derajat kepercayaan (α) = 5%. Dari nilai derajat kebebasan (Dk) dan derajat kepercayaan (α), maka nilai kritis (X^2_{cr}) pada uji chi kuadrat bisa didapatkan dengan mencocokkan kedua nilai tersebut pada Tabel 2.6. Didapatkan nilai $X^2_{cr} = 5.99$. Maka, dapat disimpulkan bahwa nilai $X^2 < X^2_{cr}$, yaitu $3,60 < 5.991$. Sehingga, persamaan distribusi Log Pearson Tipe III dinyatakan lolos Uji Chi Kuadrat dan dapat diterima.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 4.14 Analisa Uji Smirnov Kolmogorov

Peringkat	Tahun	Ch. Hujan (mm) (kecil ke besar)	Log Xi	P(LogXi)	P(LogXi <)	f(i)	P(LogXi)	P(LogXi <)	ΔP_i
10	2016	67.59	1.830	0.909	0.091	-1.708	0.044	0.956	-0.047
9	2021	76.27	1.882	0.818	0.182	-1.086	0.140	0.860	-0.042
8	2022	85.74	1.933	0.727	0.273	-0.484	0.316	0.684	0.043
7	2018	88.04	1.945	0.636	0.364	-0.348	0.363	0.637	0.000
6	2015	90.47	1.956	0.545	0.455	-0.208	0.417	0.583	-0.038
5	2020	96.76	1.986	0.455	0.545	0.138	0.556	0.444	0.010
4	2019	98.46	1.993	0.364	0.636	0.228	0.591	0.409	-0.045
3	2017	108.68	2.036	0.273	0.727	0.736	0.770	0.230	0.045
2	2013	116.13	2.065	0.182	0.818	1.078	0.860	0.140	0.042
1	2014	129.88	2.114	0.091	0.909	1.653	0.951	0.050	0.041
Log Xrt			1.974						Max

Dari hasil analisa yang ada pada Tabel di atas, didapatkan nilai untuk ΔP_i maksimal = 0,043, terdapat pada data peringkat 1. Untuk nilai derajat kepercayaan (α) = 5% dengan jumlah data (n) = 10, didapatkan nilai $\Delta P = 0,41$. Maka, dapat disimpulkan bahwa nilai $\Delta P_i < \Delta P$, yaitu $0,043 < 0,41$. Sehingga, persamaan distribusi Log Pearson Tipe III dinyatakan lolos Uji Smirnov kolmogorov dan dapat diterima.

Koefisien Pengaliran

Dengan analisa menggunakan program ArcGIS, luas daerah pengaliran dapat diketahui sebagai berikut:

1. Pemukiman = 0,000915 km² (masing-masing saluran)
2. Jalan = 0,000763 km² (masing-masing saluran)

$$CA = \frac{(0,000915 \times 0,7) + (0,000763 \times 0,85)}{0,000915 + 0,000763} = 0,78$$



Gambar 8 Analitis Korelasi (Jl. Raya Junrejo)

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan saat air hujan jatuh pada awal hulu sampai pada titik hilir. Analisis waktu konsentrasi pada saluran adalah sebagai berikut:

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_{1\text{jalan}} = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \times 2.5 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0.167}$$

$$t_{1\text{jalan}} = 1.08 \text{ menit}$$

$$t_{1\text{perkotaan}} = \left(\frac{2}{3} \times 3.28 \times 3 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0.167}$$

$$t_{1\text{perkotaan}} = 0.919 \text{ menit}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai t_1 jalan > t_1 pemukiman, maka t_1 yang dipakai ialah nilai t_1 terbesar yaitu nilai t_1 jalan = 1,08 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di sepanjang saluran (t_2) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V}$$

$$t_2 = \frac{305}{60 \times 0.35}$$

$$t_2 = 14,5 \text{ menit}$$

$$t_c = t_1 + t_2 = 16,52 \text{ menit} = 0,275 \text{ jam}$$

Analisis Intensitas Curah Hujan

Selanjutnya untuk merencanakan saluran drainase, perhitungan intensitas curah hujan yang digunakan adalah analisis curah hujan metode gumbel dikarenakan memiliki nilai curah hujan yang tertinggi. Besar curah hujan yang 55 digunakan adalah periode ulang 10 tahun yaitu sebesar 120,75 mm. Berikut adalah perhitungan intensitas hujan pada saluran:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I = \frac{120,75}{24} \left(\frac{24}{0.275} \right)^{2/3}$$

$$I = 98,89 \text{ mm/detik}$$

Perhitungan Debit Banjir Rencana (Qr)

Dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode debit banjir rasional dengan periode ulang 10 tahunan. Perhitungan debit banjir rencana pada saluran adalah sebagai berikut:

$$C = 0.78$$

$$I = 98,89 \text{ mm/detik}$$

$$A = 0,00167 \text{ km}^2$$

$$Q_r = 0.27778 \times C \times I \times A$$

$$Q_r = 0.27778 \times 0.78 \times 98,89 \times 0,00167$$

$$Q_r = 0.0357 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan Debit Air Kotor

Perhitungan debit air kotor didasarkan pada jumlah penduduk pada lokasi penelitian yaitu:

a. Jumlah rumah = +- 50 rumah

b. Jumlah penghuni = diasumsikan 5 penghuni tiap rumah

c. Debit air bersih = 100 liter/orang/hari

d. Debit air kotor = 0,9 x debit air bersih = 90 liter/orang/hari = 0,000001 m³/orang/detik

e. Total debit air kotor = penduduk x debit air kotor = (50 rumah x 5 jiwa) x 0,000001 m³/orang/detik = 0,00026 m³/det 56

Sehingga total debit yang mengalir ke drainase = 0,0357 + 0,00026 = 0,041 m³/det

Analisa Hidrolika

Penghitungan analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui kemampuan tampungan pada saluran drainase. Hasil dari analisis hidrolika digunakan sebagai batas dari besarnya debit hujan rencana yang melalui saluran.

1. Saluran Eksisting

Bentuk saluran = Persegi

Panjang saluran = 305 m

Kedalaman (h) = 0,3 m

Lebar (b) = 0,3 m

Luas permukaan = 0,09 m²

Harga manning = 0.025

Kemiringan dasar saluran = 0.0018

Jari-jari hidrolis = 0.1

Dalam menentukan radius hidrolis (R) dibutuhkan nilai luas penampang dan keliling basah dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Keliling (P) = b + 2h = 0,9 m

2. Maka didapatkan nilai radius hidrolis (R) sebesar :

$$R = A/P = 0,09/0,9 = 0,1$$

3. Perhitungan kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/3}$$

$$V = \frac{1}{0.025} 0.1^{2/3} 0.0018^{1/3}$$

$$V = 0.036 \text{ m/det}$$

4. Perhitungan kapasitas saluran (Qhidrolika)

$$Q_h = A \times V$$

$$Q_h = 0,09 \times 0,036$$

$$Q_h = 0,0329 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai $Q_r = 0.041 \text{ m}^3/\text{det} > Q_h = 0.032 \text{ m}^3/\text{det}$ sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas tampungan tidak memenuhi dan perlu dilakukan perencanaan ulang saluran.

2. Saluran Rencana

Bentuk saluran = Persegi

Panjang saluran = 305 m

Kedalaman (h) = 0,4 m

Lebar (b) = 0,3 m

Luas permukaan = 0,12 m²

Harga manning = 0.025
Kemiringan dasar saluran = 0.0018
Jari-jari hidrolis = 0.1

Dalam menentukan radius hidrolis (R) dibutuhkan nilai luas penampang dan keliling basah dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Keliling (P) = $b + 2h$
= 1,2 m
2. Maka didapatkan nilai radius hidrolis (R) sebesar :
 $R = A/P = 0,12/1,2$
= 0,1

3. Perhitungan kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/3}$$

$$V = \frac{1}{0,025} 0,1^{2/3} 0,0018^{1/3}$$

$$V = 0,036 \text{ m/det}$$

4. Perhitungan kapasitas saluran (Qhidrolika)

$$Q_h = A \times V$$

$$Q_h = 0,12 \times 0,032$$

$$Q_h = 0,043 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai $Q_r = 0.041 \text{ m}^3/\text{det} < Q_h = 0.043 \text{ m}^3/\text{det}$ sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas tampungan memenuhi terhadap debit banjir kala ulang 10 tahun.

Solusi Penanganan Drainase

Berdasarkan pembasahan tentang penyebab terjadinya genangan air, penulis memberikan solusi yang dapat dilakukan yaitu:

1. Melakukan pemeliharaan drainase secara rutin.
2. Memperbaiki kerusakan ringan yg terjadi pada saluran drainase agar saluran drainase tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
3. Mengelola limpasan dan menambah Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang berfungsi sebagai resapan air hujan.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan kondisi eksisting saluran A di Kawasan Dayung memiliki $Q = 0,032 \text{ m}^3/\text{det}$ dan panjang saluran 305 meter, dengan bentuk saluran persegi, dimana lebar saluran A yaitu 0,3 meter, sehingga dari hasil analisa tersebut diperoleh redesain saluran di Kawasan Dayung menjadi $Q = 0,043 \text{ m}^3/\text{det}$ dan kedalaman saluran menjadi 0,4 meter :

1. Optimalisasi sistem jaringan drainase dapat dilakukan dengan Redesain menjadi saluran tertutup dengan Utditch ukuran 30x40.
2. Kinerja sistem saluran drainase di Kawasan Dayung tidak optimal karena terdapat saluran yang rusak yaitu saluran A serta masalah sedimentasi.

3. Dari hasil perhitungan besar debit rencana maksimum yang akan di alirkan menuju saluran drainase di Kawasan Dayung yaitu 0,043 m³/det.

Saran

Berdasarkan hasil studi dan kesimpulan yang telah diuraikan diatas maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Kepada Pemerintah Kutai Timur agar dapat melakukan perawatan berkala terhadap saluran di Kawasan Dayung guna menghindari masalah sedimentasi.
2. Kepada Masyarakat di Kawasan Dayung untuk tetap menjaga kebersihan saluran dan tidak membuang sampah di sekitar saluran yang akan mengakibatkan terjadinya genangan dan berpotensi banjir.
3. Kepada peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini bisa digunakan sebagai bahan perbandingan dan referensi untuk penelitian, dan sebagai bahan pertimbangan untuk lebih memperdalam penelitian mengenai sistem kinerja drainase dengan variabel yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2022. *Data kependudukan*. Kota Sangatta
- Anonim, 2022. *Data Skema Jaringan Drainase Eksisting 2022*. Dinas Pekerjaan Umum Kutai Timur
- Anonim, 2022. *Peta Penggunaan Lahan*. Dinas Pekerjaan Umum Kutai Timur
- Anonim, 2022. *Data Curah Hujan 2012 - 2022*. Sangatta. Dinas Pekerjaan Umum Kutai Timur
- Bappenas. 2006. *Pedoman Kontruksi Dan Bangunan, Dep. Pu Dalam Direktorat Pengairan Dan Irigasi*. Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Rad-Grk). Jakarta: Bappenas
- C. D. Soemarto, 1999, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Daoed, D. 2016. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Aliran Dan Sistem Drainase Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)(Studi kasus: Areal Kampus Universitas Andalas, Padang)*.
- Fajar, Zainul. 2022. *Warga Waru Sidoarjo Sambat: Banjir Tiap Hujan, Bukan Tiap Tahun*. <https://jatimnow.com/baca-42608-warga-waru-sidoarjo-sambat-banjir-tiap-hujan-bukan-tiap-tahun-pada-11-maret-2022>
- H.A Halim Hasmar, 2011, *Drainase Terapan*, Uii Press, Yogyakarta
- Jayadi, R. 2000. *Pengantar Hidrologi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- JC Kiriweno, Erni Yulianti. dan Sriliani Surbakti (2022) *Analisa Pengendalian Banjir*. Jurnal. Gelagar.

- Khotimah, Baiq Husnul. Kustamar. dan Nenny Roostrianawaty (2020) *Peningkatan Kinerja Sistem Saluran Drainase Kecamatan Kertosono Kabupaten Nganjuk*. Sondir, 4 (1). ISSN 1979-283
- Kodoatie, R.J dan Sugiyanto, *Banjir*, Perpustakaan Mahasiswa, Yogyakarta. Kusumo, W. 2009. *Penanganan Sistem Drainase Kecamatan Jati Kabupaten Kudus*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kurnianto, Ivanda. 2017. *Rencana Pengendalian Banjir Di Saluran Sekunder Rungkut Barata Dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Limantara, Lily Montarjih. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Nadajadji, A. 2008. *Aplikasi Storm Water Management Model Pada DAS Deluwang Jawa Timur*, Vol.1 pp.1-2, Jawa Timur.
- Palar, R.T dkk. 2013. *Studi Perbandingan Antara Hidrograf SCS (Soil Conservation Service) dan Metode Rasional Pada DAS Tikala*, Jurnal Teknik Sipil Vol. 1 No. 3, Manado.
- Qurniawan, Yarzis Andy. 2009. *Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Josroyo Permai Rw 11 Kecamatan Jaten Kabupaten Karanganyar*. Karanganyar: Universitas Sebelas Maret
- Ratu, Alviorika Dwiyana. 2023. *Kajian Kinerja Sistem Drainase Pada Kawasan Ahmad Yani Kota Malang*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Rizky, M. 2016. *Evaluasi Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Kecamatan Sukun Kota Malang*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Ryan, M Fachri. 2020. *Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Raja Isa, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau*. Riau: Universitas Islam Indonesia
- Saputro, Dwi Kukuh. 2023. *Evaluasi dan Perencanaan Ulang Sistem Drainase di Kawasan Jalan Ikhwan Ridwan Rais Kota Malang*
- Satya, Widhita Herlambang. 2015. *Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Di Wilayah Jombang*. Jombang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Shahin,1976, *Statistical Analysis In Hidrology*, Ihe Delf, Nedeland.
- Sismanto.2009. *Analisa Lahan Kritis Sub DAS Riam Kanan DAS Barito Kabupaten Banjar Kalimantan Tengah*, Jurnal Aplikasi Vol.6 No.1, Surabaya.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung.
- Sriwati, M. 2015. *Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Infrastruktur Jaringan Drainase Kota Rantepao*.
- Suripin.2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*, Edisi Pertama, Andi, Yogyakarta.
- Takeda, K. 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Triadmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wardani, Nadia Kumala. 2022. *Kajian Kapasitas Drainase Pada Kelurahan Kelutan Kecamatan Trenggalek*

