

Perencanaan Desain Saluran Drainase Air Hujan di Central Workshop PT xxx untuk Pengendalian Banjir

Adi Mulya Kusuma¹, Eddy Priyanto¹, Dandy Nugroho¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gresik, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 10 Juni 2025
Revisi : 24 Agustus 2025
Diterbitkan : 05 November 2025

Abstrak: Permasalahan banjir yang terjadi di area Central Workshop PT xxx menjadi permasalahan yang perlu diperhatikan, karena akibat banjir proses operasional industri terhambat. Sistem drainase merupakan rangkaian kegiatan yang membentuk upaya pengaliran air, baik air permukaan (limpasan), maupun air tanah (underground water) dari suatu daerah atau Kawasan. Pada kondisi saat ini, sistem drainase yang ada di area Central Workshop tidak mampu menampung debit air hujan yang tinggi dan adanya kerusakan struktur saluran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem drainase baru dengan kapasitas lebih optimal serta menghitung waktu surut banjir. Metode yang digunakan meliputi pendekatan kualitatif melalui survei lapangan, serta pendekatan kuantitatif dengan analisis hidrologi. Hasil penelitian menunjukkan debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun sebesar 1,13 m³/detik, sedangkan kapasitas drainase eksisting sebesar 0,072 m³/detik dengan waktu surut 3,13 menit. Berdasarkan hasil perencanaan, diperoleh desain sistem drainase baru dengan kapasitas 1,194 m³/detik dan waktu surut 1,5 menit, yang dinilai mampu menampung debit banjir rencana secara optimal.

Abstract: The flood issue occurring in the Central Workshop area of PT XXX has become a critical concern, as it disrupts industrial operational activities. A drainage system is a series of processes aimed at channeling water, including surface runoff and groundwater, from a particular area. Currently, the existing drainage system in the Central Workshop is unable to accommodate high-intensity rainfall and suffers from structural damage. This study aims to design an improved drainage system with optimal capacity and to estimate flood recession time. A mixed-methods approach combining field surveys and hydrological analysis was employed. The 10-year return period flood discharge was calculated at 1,13 m³/s, while the current system accommodates only 0,072 m³/s with a 3,13-minute recession time. Based on the design calculations, a new drainage system was developed with a capacity of 1,194 m³/s and a recession time of 1.5 minutes, indicating its ability to effectively accommodate the design flood discharge.

Kata kunci: Banjir, Debit Banjir Rencana, Rancangan Drainase, Waktu Surut

Keywords: Flood, Design Flood Discharge, Drainage Design, Recession Time

Sitasi: Kusuma, A.M., Priyanto, E., Nugroho, D. (2025). Perencanaan Desain Saluran Drainase Air Hujan di Central Workshop PT xxx untuk Pengendalian Banjir. *Journal of Engineering and Innovation*, 2(4), 80-85. <https://nafatimahpustaka.org/jein>

Pendahuluan

Pertumbuhan dan perkembangan industri dapat terjadi karena pertumbuhan pendukung yang mendorong peningkatan layanan kebutuhan. Kawasan industri dimanfaatkan sebagai pusat kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang mendukung, untuk mendorong pertumbuhan sektor industri agar lebih terarah dan memberikan guna yang optimal untuk perindustrian. Pertumbuhan ini tidak disadari terkait dengan fungsi dan peranan lahan tersebut. Pemanan dan fungsi lahan tersebut antara lain

sebagai kawasan resapan air. Dengan berkurangnya kawasan resapan air, pada daerah industri sering didapati genangan dan banjir. Permasalahan banjir juga diperparah dengan terjadinya peningkatan intensitas curah hujan serta terbatasnya sistem drainase seringkali menyebabkan genangan air pada area industri.

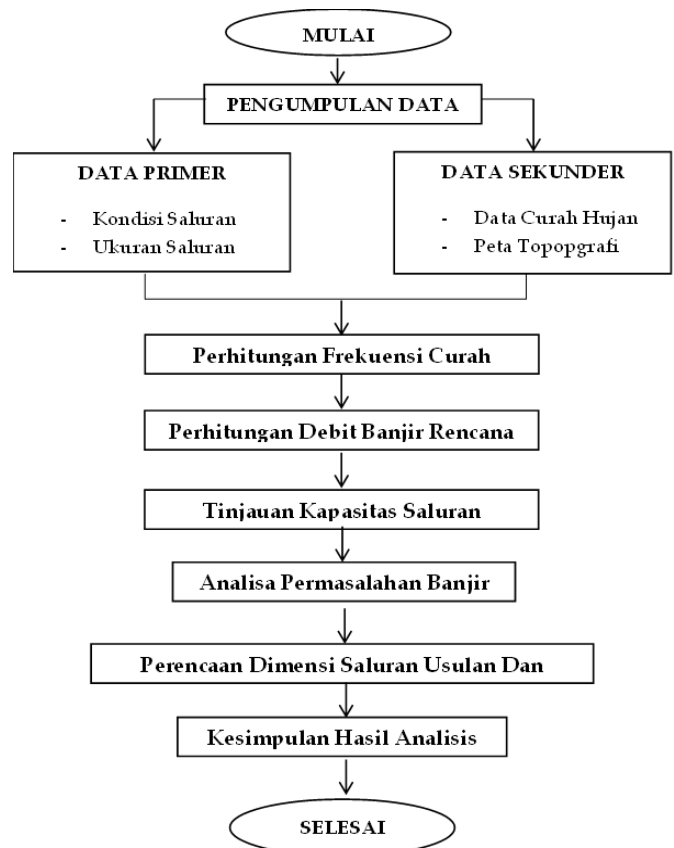
Perubahan tata guna lahan dapat memberikan memberikan pengaruh negatif terhadap kondisi hidrologi kawasan tersebut, seperti hilangnya evaporasi dari volume presipitasi, berubahan karakteristik permukaan tanah, dan pada akhirnya akan mempengaruhi ketahanan sistem saluran air dan

penyimpangan limpasan. Menurut Juwono (2017), alih fungsi lahan akibat urbanisasi kawasan dengan bangunan umum dan kepadatan industri dapat memberikan kemungkinan pengaruh hidrologi yaitu penurunan resapan air dan penurunan permukaan tanah, serta jalan-jalan dan selokan menjadi saluran banjir menyebabkan puncak banjir yang lebih tinggi. Perencanaan sistem jaringan drainase sangat penting pada suatu kawasan agar tidak terjadi banjir yang akan berdampak pada kegiatan dalam kawasan yang akan mengakibatkan kerugian waktu, operasional, finansial dan hal lainnya.

Drainase adalah sesuatu yang dimanfaatkan untuk mengalirkan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu kawasan agar tidak terjadi banjir atau genangan pada kawasan tersebut. Disadari bahwa pada sebagian besar perencanaan, evaluasi dan monitoring bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi, demikian juga dalam perencanaan, evaluasi dan monitoring sistem jaringan drainase di suatu perkotaan atau kawasan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir rencana dan analisisnya berdasarkan waktu surut pada saluran drainase eksisting, dan mengetahui desain drainase rencana untuk kapasitas optimal. Pada analisa ini akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang harus ditangani, dan debit air yang diharapkan. Dengan demikian, desain saluran drainase dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang sebenarnya, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan sesuai dengan tata ruang yang ada..

Metode

Pelaksanaan Penelitian dimulai dari pengumpulan data Primer dan Data Sekunder. Dimana data primer berisi kondisi dan ukuran saluran, data diperoleh melalui tinjauan lapangan. Data sekunder berupa data curah hujan dan peta topografi diperoleh melalui literatur. Langkah selanjutnya ialah tahap pengolahan data, yang dilakukan dengan perhitungan frekuensi curah hujan dengan metode Gumbel dan perhitungan debit banjir rencana periode ulangan 10 tahun dengan metode rasional. Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi curah hujan dan debit rencana kemudian dilakukan tinjauan kapasitas saluran eksisting untuk menganalisa permasalahan banjir pada drainase di wilayah studi. Setelah dilakukan evaluasi pada drainase eksisting kemudian dapat dilakukan perencanaan dimensi saluran usulan dengan persyaratan nilai debit kapasitas saluran usulan harus lebih besar daripada nilai debit banjir rencana. Berikut proses tahapan dari penelitian ini:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Frekuensi Curah Hujan dan Debit Banjir Rencana

Menurut Sartika (2019), curah hujan dalam 1 milimeter (mm) adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah seluas 1 meter persegi (m²). Sehingga, curah hujan sebesar 1 milimeter (mm) setara dengan 1 liter/m² yang artinya pada tempat seluas 1 meter persegi terdapat sejumlah air 1 liter. Analisis curah hujan dilakukan untuk memprediksi kejadian hujan di suatu tempat pada waktu tertentu dalam bentuk curah hujan rencana juga menggunakan curah hujan wilayah, yang selanjutnya sangat berguna dalam memprediksi debit banjir rencana. Frekuensi curah hujan ditentukan dengan metode *Gumbel*. Metode *Gumbel* begitu penting dalam pengelolaan sumber daya air dan perencanaan banjir, karena metode ini memberikan data akurat mengenai perkiraan curah hujan tinggi di wilayah banjir (Pasaribu, dkk, 2020). Berikut rumus yang digunakan.

$$R_T = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dimana :

R_T = curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)

$\bar{x}$ = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)

Y_t = *reduced variable*, parameter Gumbel untuk periode T tahun

Y_n = reduced mean, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)

S_x = standar deviasi

S_n = *reduced standar deviasi*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)

X_i = curah hujan maksimum (mm)

n = lamanya pengamatan (tahun)

(Nugroho dkk, 2021).

Perhitungan debit rencana menggunakan metode rasional, karena metode rasional merupakan cara tertua untuk menghitung debit banjir dari curah hujan. Untuk menganalisis besar pada debit banjir rencana yang digunakan ialah metode rasional dengan rumus dan perhitungan di bawah ini:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit banjir ($m^3/detik$)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km^2)

0,278 = Faktor koreksi / konstanta

(Pasaribu, dkk, 2020).

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi (Sujalu dkk, 2022). Perhitungan intensitas curah hujan rencana dipergunakan metode "Mononobe" dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = Hujan maksimum harian (mm)

t = Lama terjadinya hujan

(Diandalu, 2022).

Analisa hidraulika dimaksud untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase berdasarkan debit rencana. Berikut adalah rumus persamaan untuk menghitung debit pada saluran bentuk persegi.

Luas pada penampang $A = b \times h$

Keliling basah $P = b + 2 \times h$

Jari-jari hidrolik $R = \frac{A}{P}$

Kecepatan aliran $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

Debit aliran $Q = A \times V$

Dimana :

Q = Debit ($m^3/detik$)

V = Kecepatan rerata aliran (m/detik)

A = Luas penampang basah (m)

P = Keliling basah penampang pada saluran (m)

R = Jari-jari hidrolis pada saluran (m)

I = Kemiringan pada dasar sungai rata-rata

L = Panjang saluran yang ditinjau di lokasi (m)

b = Lebar dasar pada saluran persegi

h = Kedalaman air saluran (m)

(Pasaribu, dkk, 2020).

Hasil dan Pembahasan

Cathment Area

Dalam menentukan cakupan penelitian, penting untuk mempertimbangkan factor-faktor seperti geografi, topograsi, dan karakteristik hidrologi di wilayah tersebut. Dengan memahami dan memetakan area penelitian dengan baik, analisis data curah hujan dapat dilakukan dengan lebih akurat dan relevan (Pasaribu, dkk, 2020). Topografi wilayah studi cenderung miring, yang menjadikannya penting untuk diperhatikan dalam perencanaan sistem drainase. Kontur lahan yang tidak rata dapat mempengaruhi aliran air hujan dan berpotensi menimbulkan genangan jika tidak dikelola dengan baik.

Dari peta kontur dapat dilihat jika kemiringan mengarah kearah kanan yang mana kearah timur, catchmen area di area tersebut juga di Batasi dengan dinding pembatas antar pabrik seperti yang telah di jelaskan pada deskripsi wilayah studi. Sehingga didapat *cathment area* dengan luas 7835 m^2 atau 0,0078 km^2 .



Gambar 1. Peta Topografi



Gambar 2. Catchment Area Wilayah Studi

Perhitungan Frekuensi Hujan Rencana Metode Gumbel

Metode Gumbel adalah pendekatan khusus yang dirancang untuk pemeriksaan limpasan permukaan dan kejadian banjir di daerah yang ditentukan. Metode gumbel begitu penting dalam pengelolaan sumber daya air dan perencanaan banjir, karena metode ini memberikan data akurat mengenai perkiraan curah hujan tinggi di wilayah banjir (Pasaribu, dkk, 2020). Distribusi Gumbel atau disebut juga dengan distribusi ekstrem umumnya digunakan untuk analisis data maksimum. Berdasarkan hasil perhitungan didapat frekuensi curah hujan dalam periode ulang dengan metode distribusi *Gumbel* sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Frekuensi Curah Hujan Periode Ulang Metode *Gumbel*

Tr (tahun)	Hujan Rencana (m ³ /detik)
100	999
50	895
25	792
10	651
5	540
2	373

Sumber: hasil perhitungan, 2025

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Koefisien limpasan adalah metrik yang digunakan untuk mengukur volume air yang dialirkan melalui saluran drainase. Koefisien limpasan adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas diatas permukaan tanah dengan jumlah total air hujan yang jatuh (Nugroho dkk, 2021). Koefisien limpasan didapat berdasarkan tata guna lahan di lokasi penelitian. Nilai koefisien ini ditentukan oleh kepadatan penduduk setempat dan bervariasi dari 0 hingga 1.

Peningkatan kepadatan penduduk berkorelasi positif dengan peningkatan koefisien limpasan, yang pada gilirannya mendorong saluran drainase untuk menampung volume debit air yang lebih besar (Suryaman, 2013).

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan curah hujan rencana, dimulai dari data luas daerah pengaliran yang didapat dari data luas daerah pengaliran yang didapatkan dari survey pada lokasi studi. Hasil survey didapat panjang saluran 120 meter dan luas daerah pengalirannya yaitu sebesar 7.835 m² atau 0,0078 km². Dengan elevasi hulu 5,58 meter dan elevasi hilir 5,41 meter maka beda tinggi elevasi yaitu 0,17 meter. Kemiringan saluran 0,00142 m. Dengan perhitungan metode rasional diperoleh hasil debit banjir rencana dengan periode ulangan 10 tahun sebesar 1,13 m³/detik. Dengan rincian perhitungan sebagai berikut:

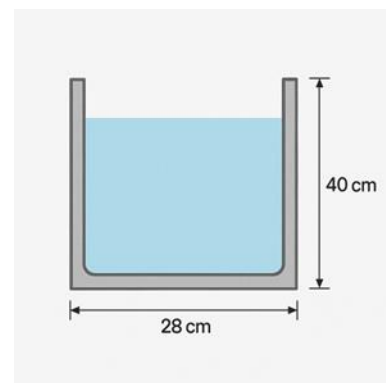
Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Rasional dengan Periode ulangan 10 tahun

Parameter	Hasil
Panjang saluran	120 m
Kemiringan saluran	0,00142 m
Koefisien pengaliran	0,8 (untuk beton)
Intensitas curah hujan	651
Luas daerah aliran	0,0078 km ²
Faktor konversi	0,278
Debit Banjir Rencana (Q10)	1,13 m ³ /detik

Sumber: hasil perhitungan, 2025

Tinjauan Drainase Existing

Untuk mengevaluasi dimensi saluran drainase perlu diketahui berapa kapasitas saluran drainase eksisting. Perhitungan drainase eksisting dilakukan agar dapat mengetahui kapasitasnya secara tepat sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan desain drainase baru. Penampang drainase eksisting dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3. Penampang Drainase Eksisting
Sumber: survey lapangan, 2025

Tabel 3. Hasil Pengamatan Drainase Eksisting

Parameter	Hasil
Koefisien Manning (n)	0,013 (untuk beton)
Elevasi hulu	5,58 meter
Elevasi hilir	5,41 meter
Beda Tinggi hulu ke hilir	0,17 meter
Kemiringan saluran	0,00142

Sumber: survey lapangan, 2025

Berdasarkan hasil tinjauan lapangan dan perhitungan yang telah dilakukan, berikut hasil analisa drainase eksisting:

Tabel 4. Hasil Analisa Drainase Eksisting

Saluran	Lebar, b (m)	Tinggi, h (m)	Panjang saluran (m)	A (m ²)	keliling basah, P (m)	jari-jari hidrolis, R (m)	kecepatan V (m/dtk)	Q saluran (m ³ /dtk)	Waktu surut (menit)
Drainase terbuka eksisting	0,28	0,4	120	0,112	1,08	0,10	0,64	0,072	3,130

Sumber: hasil perhitungan, 2025

Hasil perhitungan debit saluran drainase eksisting adalah 0,072 m³/detik sedangkan debit banjir rencana dengan periode ulangan 10 tahun sebesar 1,13 m³/detik, hal ini menunjukkan bahwa desain drainase eksisting tidak dapat menampung debit banjir dengan kapasitas yang besar, juga dapat ditinjau dari waktu surut saluran drainase yang cenderung lama. Jika saluran drainase mengalirkan banjir dengan waktu surut yang lama, dapat mempercepat sumbatan saluran akibat dari sedimentasi karena banjir yang melewati saluran akan selalu membawa campuran kotoran pasir dan tanah, serta berbagai sampah lain. Jika debit kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari debit hujan rencana, maka dimensi saluran perlu diubah sehingga lebih proporsional dengan kebutuhan yang sebenarnya (Jifa dkk, 2019).

Perencanaan Dimensi Saluran Usulan Berdasarkan Q10

Berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi terhadap desain saluran drainase di *Central Workshop*, diketahui bahwa dimensi saluran yang telah dibangun terlalu kecil. Kondisi ini mendorong dilakukannya perencanaan ulang dengan mempertimbangkan kembali karakteristik hidrologi wilayah, seperti intensitas curah hujan maksimum, luas area yang dialiri, serta besarnya debit air yang harus diakomodasi.

Tujuan dari penyesuaian ini adalah agar desain saluran lebih tepat guna, proporsional, serta efisien dalam penggunaan anggaran dan ruang. Penyesuaian ini juga memastikan saluran sesuai dengan kebutuhan riil dan mendukung pengelolaan drainase yang lebih optimal. Berikut disajikan beberapa rekomendasi hasil

perhitungan dimensi usulan saluran drainase di *Central Workshop* berdasarkan debit banjir rencana Q10, sehingga rekomendasi yang diberikan dapat menampung debit banjir rencana.

Tabel 5. Perencanaan Dimensi Saluran Usulan Berdasarkan Debit Banjir Rencana 10 tahun

Saluran	Lebar, b (m)	Tinggi, h (m)	Panjang saluran (m)	A (m ²)	keliling basah, P (m)	jari-jari hidrolis, R (m)	kecepatan V (m/dtk)	Q saluran (m ³ /dtk)	Waktu surut (menit)
Rekomendasi Rencana desain terbaru (V tidak lebih dari 1,5 sesuai SNI 03-3424-1994)	1,18	1	120	1,18	3,18	0,37	1,50	1,764	1,338
	1,15	1	120	1,15	3,15	0,37	1,48	1,701	1,352
	1,1	1	120	1,1	3,1	0,35	1,45	1,596	1,378
	1	1	120	1	3	0,33	1,39	1,392	1,437
	0,95	1	120	0,95	2,95	0,32	1,36	1,292	1,470
	0,9	1	120	0,9	2,9	0,31	1,33	1,194	1,507
	0,9	1,1	120	0,99	3,1	0,32	1,35	1,339	1,479

Sumber: hasil perhitungan, 2025

Desain ini dirancang dengan mempertimbangkan kondisi eksisting, data curah hujan, karakteristik lahan, serta kriteria teknis yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait sistem drainase. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa saluran yang dirancang memiliki kapasitas yang dapat menampung debit rencana periode ulangan 10 tahun (Q10) dengan nilai lebih dari 1,13 m³/detik, yang melebihi kebutuhan minimum untuk mengalirkan limpasan air hujan dari area tangkapan. Hal ini menunjukkan bahwa desain telah mempertimbangkan faktor keamanan hidrolis (*hydraulic safety factor*) guna menghindari kelebihan kapasitas yang dapat menyebabkan luapan. Selain itu, kecepatan aliran (V) dalam saluran ditetapkan agar tidak melebihi 1,5 m/detik sesuai batas maksimum yang direkomendasikan oleh SNI 03-3424-1994, guna menjamin stabilitas aliran serta mencegah risiko erosi dasar dan dinding saluran. Pengendalian kecepatan ini juga bertujuan untuk menjaga umur teknis saluran dan meminimalisir kebutuhan pemeliharaan jangka panjang.

Berdasarkan tabel 5, dapat dilihat bahwa rekomendasi dimensi 1,18 meter x 1 meter dengan panjang saluran 120 meter dan luas daerah aliran 1,18 m², menunjukkan hasil optimal dalam penampungan debit banjir dan waktu surut yang ditunjukkan tercepat dibandingkan dengan desain lain. Namun, desain drainase yang baru diharapkan dapat memberikan dimensi yang proporsional dengan kebutuhan yang sebenarnya. Saluran yang terlalu besar dapat menyebabkan masalah, seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi, dan dampak lingkungan yang negatif, sehingga berdasarkan hal tersebut disarankan desain drainase usulan yang dapat diterapkan pada lokasi perencanaan adalah dengan desain dimensi 0,9 meter x 1 meter dengan panjang saluran 120 meter dan luas daerah aliran 0,9 m², dimana dimensi yang

diusulkan ini sudah memenuhi persyaratan yaitu debit lebih dari debit banjir rencana dan kecepatan aliran tidak melampaui batas maksimum.

Kesimpulan dan Saran

Permasalahan genangan yang terjadi di area Central Workshop disebabkan oleh beberapa faktor utama, antara lain kondisi saluran drainase yang mengalami pendangkalan akibat penumpukan sedimen, kapasitas saluran yang tidak memadai untuk menampung debit air hujan sesuai perencanaan, serta adanya kerusakan pada beberapa bagian saluran yang mengganggu fungsi alirannya. Dengan luas *catchment area* sebesar 0,0078 km².

Debit banjir rencana pada saluran drainase di wilayah *Central Workshop* untuk periode ulang 10 tahun adalah 1,13 m³/detik. Setelah dilakukan perhitungan, saluran Existing yang lama tidak dapat menampung debit pada banjir rencana total. Dimana pada dimensi saluran lama adalah 0,28 meter x 0,4 meter yang hanya dapat menampung kapasitas 0,072 m³/detik dengan waktu surut 3,13 menit. Waktu surut yang lama dapat mempercepat sumbatan pada saluran drainase akibat kotoran yang dibawa banjir.

Rekomendasi usulan desain dimensi drainasi yang dapat menampung debit banjir rencana periode ulangan 10 tahun (Q₁₀) dan kecepatan aliran tidak melebihi 1,5 m/detik sesuai dengan standart SNI 03-3424-1994 adalah 0,9 meter x 1 meter dengan panjang saluran 120 meter dan luas daerah aliran 0,9 m², dimana dimensi yang diusulkan ini sudah memenuhi persyaratan yaitu debit lebih dari debit banjir rencana dan kecepatan aliran tidak melampaui batas maksimum.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih Penulis ucapkan kepada seluruh Tim Redaksi Jurnal JEIN yang telah memberi penulis kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan dengan lancAr. Tidak lupa Penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada Bapak Eddy Priyanto, ST., MT. dan Dandy Nugroho, S.T., M.Si., M.T. yang telah membimbing penulis dalam menyusun artikel ini hingga selesai dan dapat di terbitkan. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Daftar Pustaka

- Nugroho, D., Leksono, B., & Sholikha, I. (2021). Perencanaan ulang sistem saluran drainase di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 15–22.
- Diandalu, M. A., et al. (2022). Analisis dan evaluasi sistem drainase perkotaan di Kabupaten Jombang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 1–10.
- Jifa, A., et al. (2019). Evaluasi saluran drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Universitas Brawijaya.
- Pasaribu, J. S., & Soebagio. (2020). Review design saluran drainase di Jalan Demak Surabaya. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(3), 159–164.
- Juwono, P. T., & Subagiyo, A. (2017). *Ruang air dan tata ruang*. Malang: UB Press.
- Sartika, S. D., et al. (2019). Sistem informasi penghitung curah hujan. *Jurnal Teknologi Informasi*, 3(1), 3152–3160.
- Sujalu, A. P., et al. (2022). *Instrumentasi klimatologi dan meteorologi*. Yogyakarta: Zahir Publishing.
- Suryaman, H. (2013). Evaluasi sistem drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Penelitian*, 2(2), 1–8.