



SDA-8 SISTEM DRAINASE BERKELANJUTAN PADA KAWASAN PENDIDIKAN DI KOTA JAYAPURA PAPUA

Andung Yunianta^{1*}, Mamik Wantoro²

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Sam Ratulangi No. 11, Jayapura, Papua
e-mail: andung.ay@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Sam Ratulangi No. 11, Jayapura, Papua
e-mail: mam_wanto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Permasalahan limpasan air permukaan dan genangan air yang berlebih merupakan permasalahan yang sering terjadi di Kota Jayapura, dengan topografi yang berbukit cenderung aliran permukaan menjadi lebih besar sehingga sering terjadi banjir bandang dan terjadinya genangan pada daerah datar terutama daerah hulu. Salah satu area publik yang sering terjadi dampak aliran limpasan atau banjir bandang dan genangan air adalah kawasan pendidikan, kawasan ini merupakan aktivitas masyarakat yang paling penting dan perlu perhatian karena melibatkan dari berbagai kalangan masyarakat. Penerapan sistem drainase berkelanjutan yang mengutamakan kualitas air dan manajemen kuantitas air permukaan sangat penting dilakukan guna mengatasi terjadinya banjir bandang dan genangan air di Wilayah Kota Jayapura. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan solusi permasalahan aliran permukaan dan genangan air pada kawasan pendidikan di Kota Jayapura. Metode yang digunakan dalam analisis adalah menggunakan *HECRAS* untuk perhitungan debit dan dimensi saluran serta penggunaan metode *Sustainable Urban Drainage* yang sudah populer diterapkan di berbagai negara, serta kualitas air dan manajemen kuantitas air limpasan permukaan. Hasil penelitian ini untuk mendapatkan nilai debit curah hujan maksimum dan debit rancangan aliran permukaan, dimensi saluran drainase, dan sistem drainase berkelanjutan yang sesuai dengan kawasan pendidikan di Kota Jayapura.

Kata kunci: Drainase Berkelanjutan, Kawasan Pendidikan

PENDAHULUAN

Kondisi Geografis Kota Jayapura yang terletak di timur Indonesia merupakan pusat permukiman terpadat di Provinsi Papua. Dengan luas wilayah hanya 940 km², kota ini menampung penduduk sejumlah 256.705 jiwa dengan tingkat pertumbuhan per tahun mencapai 4,41% per tahun. Topografi daerah cukup bervariasi mulai dari dataran hingga landai dan berbukit/gunung ± 700 meter diatas permukaan air laut. Terdapat $\pm 30\%$ tanah tidak layak huni, karena terdiri dari perbukitan yang terjal, rawa-rawa dan hutan lindung. Variasi curah hujan antara 45 – 255 mm/thn dengan jumlah hari hujan rata-rata bervariasi antara 148-175 hari hujan per tahun. Musim hujan dan kemarau tidak mempunyai perbedaan yang jelas karena cuacanya yang cenderung basah sepanjang tahun dengan kelembaban udara 79% - 81% dilingkungan perkotaan sampai daerah pinggiran kota (Profil Kota Jayapura, 2022). Dengan kondisi topografi yang demikian Kota Jayapura mempunyai wilayah yang beragam mulai dari wilayah berbukit yang ada di hulu maupun wilayah yang datar didaerah hilir dan sebagian ada di wilayah pantai, sehingga sering terjadi aliran permukaan yang besar ketika curah hujan maksimum yang mengakibatkan terjadinya banjir bandang.

Kawasan pendidikan yang ada di Kota Jayapura ada yang menempati wilayah berbukit dan ada juga yang menempati wilayah hulu di bagian dataran. Berbagai permasalahan yang diakibatkan oleh adanya aliran permukaan yang besar sering mengakibatkan adanya kerusakan fasilitas pendidikan baik itu terjadi pada halaman maupun gedung-gedung sekolah yang dapat mengganggu aktivitas pendidikan yang ada di kawasan tersebut, terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Dokumentasi Terjadinya Genangan Air dan Banjir Bandang Di Kota Jayapura

Sistem drainase yang berwawasan lingkungan atau berkelanjutan dikembangkan guna meningkatkan daya guna air, memperbaiki konservasi lingkungan dan meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh aliran permukaan yang berlebih akibat dari curah hujan yang maksimum. Pengembangan dasar drainase berkelanjutan dengan mengelola limpasan permukaan dengan mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah di kawasan setempat sehingga aliran air permukaan tidak membebani wilayah lain. Fasilitas penahan aliran permukaan dari air hujan ada 2 tipe yaitu penyimpanan atau penampungan dan peresapan atau infiltrasi (Suripin, 2004)

Fasilitas penyimpanan atau penampungan air hujan berguna untuk mengumpulkan dan menyimpan air aliran permukaan air hujan di ujung hulu saluran dengan membangun kolam penyimpanan pengatur banjir dan kelebihan air limpasannya bisa masuk ke dalam saluran dan dialirkan ke tempat lain, hal ini dapat mengurangi debit aliran permukaan sehingga tidak terjadi banjir bandang. Fasilitas kolam bisa dibuat dengan alas kolam tidak diperkeras sehingga dapat meresapkan air ke dalam tanah, sehingga dapat berperan ganda sebagai kolam penampungan dan meresapkan air ke dalam tanah hal ini juga mampu mengurangi debit aliran permukaan pada saluran yang mengalir ke tempat lain. Fasilitas resapan digunakan untuk menjaga intensitas air tanah dan mengurangi limpasan air menuju tempat lain. Model resapan air hujan yang direkomendasikan yaitu sumur resapan, pembuatan lubang biopori, pembuatan parit resapan dan pembuatan kolam retensi untuk meresapkan air ke dalam tanah, terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Bangunan Resapan dan Kolam Penampungan

Dalam penelitian ini model sistem drainase berkelanjutan yang diterapkan adalah sistem drainase resapan dengan bentuk sumur resapan atau kolam resapan.

METODE PENELITIAN

Pendekatan metode penelitian yang dilakukan dengan survei dan observasi lokasi, analisis curah hujan, hidrologi dan hidrolika, desain saluran dan model drainase resapan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang menjadi acuan dalam penerapan sistem drainase berkelanjutan dalam kawasan pendidikan di Kota Jayapura, adalah Kawasan Yayasan Pendidikan 45 di Jalan Empang, Entrop, Kota Jayapura Papua, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.

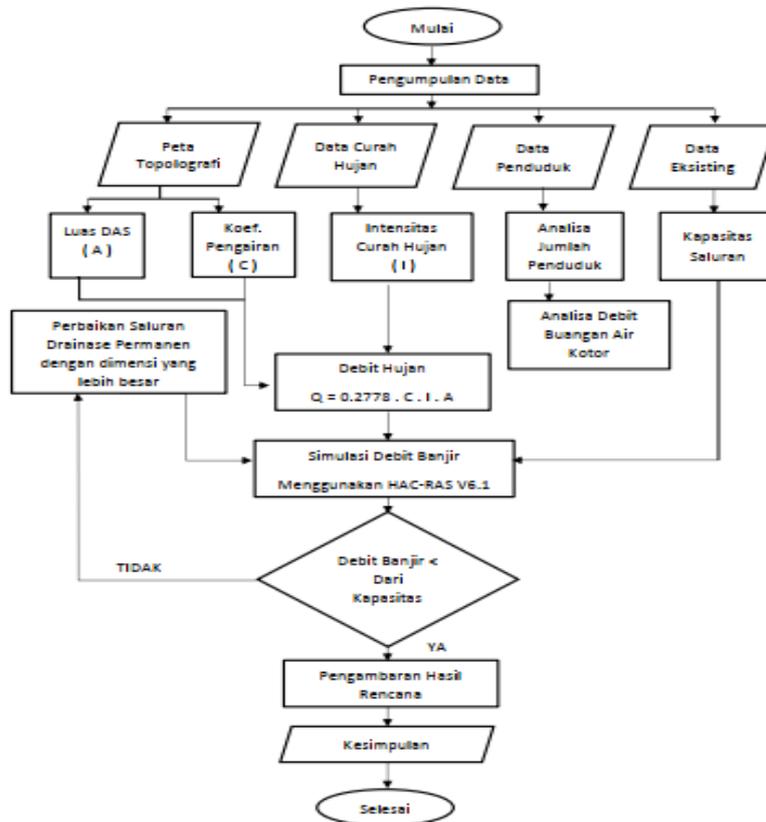


Gambar 3. Gambaran Lokasi Penelitian

Pada Gambar 3. terlihat posisi dan situasi lokasi penelitian terdapat di kawasan bagian hilir dan merupakan daerah yang relatif datar, juga terdapat pada kawasan dekat dengan tepi laut atau tepatnya di dekat kawasan Teluk Yotefa Kota Jayapura. Sedangkan pada sisi lain ada kawasan berbukit atau dataran tinggi yang memungkinkan terjadinya debit aliran permukaan yang besar atau maksimum.

Bagan Alir Penelitian

Proses penelitian dan metode yang akan dilaksanakan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan dari penelitian ini seperti Gambar 4.



Gambar 4. Gambaran Lokasi Penelitian

Topografi

Dalam wilayah pengaliran tentunya memiliki tata guna yang berbeda – beda dalam pengolahan lahannya, maka dalam pengambilan koefisien pengaliran dapat diambil dari harga berdasarkan rata-rata bobot suatu luas daerah, dan juga mengacu pada tata guna lahan sebagai perhitungan pengaliran, dengan perumusan sebagai berikut :

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + \dots + C_n.A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

dengan C = harga koefisien rata – rata, C_1, C_2, C_3 = koefisien pengaliran setiap daerah, A_1, A_2, A_3 = Luas setiap daerah.

Data Curah Hujan

Data curah hujan bermanfaat dalam mendapatkan data hujan rata-rata setiap stasiun, secara umum jika makin besar waktu (t) maka akan membuat intensitas hujannya (i) semakin mengecil. Dalam perhitungannya lebih mudah menggunakan alat yang sudah ada, namun jika harus ditulis perumusan dengan cara empiris dapat ditulis sebagai berikut :

$$i = \frac{a_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^m \quad (2)$$

dengan i = intensitas Hujan (mm/jam), t = durasi curah hujan dalam bentuk n (jam untuk d), a, b, n, m = Konstanta

Data penduduk

Dalam perhitungan besar debit air limpasan dapat dilihat dari berapa besar jumlah penduduk yang menggunakan air, maka dapat dilihat besar debit buangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = P \times D \times A \quad (3)$$

dengan Q = debit rata-rata, P = diperlukan air bersih (Liter/unit/hari), A = luas wilayah (km²), D = jumlah penduduk

Untuk menetapkan perhitungan debit saluran perlu dilakukan tinjauan langsung ke lapangan guna mengukur secara langsung berapa besar ukuran saluran eksisting. Selanjutnya hasil pengukuran bisa dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

Luas Penampang Basah (A)

$$A = (B.h) + (m.h)^2 \quad (4)$$

Keliling Penampang basah

$$P = B + 2.h\sqrt{1+m^2} \quad (5)$$

Jari-jari Hidraulik Penampang

$$R = \frac{A}{P} \quad (6)$$

Kedalaman Hidraulik

$$D = \frac{A}{B} \quad (7)$$

Kecepatan Aliran menggunakan rumus manning, sehingga:

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (8)$$

Debit Aliran

$$Q = A \times V \quad (9)$$

dengan D = selisih antara peluang pengamatan dan peluang teoritis, $P(X_m) =$ peluang pengamatan, $P(X_m) =$ peluang teoritis.

Program HEC-RAS

Pola Program HEC-RAS 6.1 ialah rancangan asal Asce (*American Society of Civil Engineers*). HEC-RAS ini berfungsi dalam membentuk suatu percobaan aliran satu dimensi, dalam simulasinya terdapat data yang diinput dan menampilkan suatu grafis. Dalam HEC-RAS dapat dilihat pemodelan berdasarkan data yang diinput dan menyajikan dampak hidrolika serta hidrologi dalam kondisi menampung air. Didalam Hec-RAS juga terdapat simulasi peredaran permanen (*Steady Flow*) serta peredaran tak permanen terhadap waktu (*Unsteady Flow*).

Sistem drainase berkelanjutan yang diterapkan yaitu dengan sistem resapan yang terpusat dalam beberapa titik yang sering disebut dengan sumur resapan. Kapasitas sumur resapan diukur dengan terjadinya intensitas curah hujan selama periode tertentu. Sumur resapan yang digunakan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-2453-2002, dan disesuaikan standar dan spesifikasi yang telah tercantum dalam SNI tersebut. Penggunaan sumur resapan pada lahan yang relatif datar dengan maksimal kedalaman 2 m di bawah permukaan tanah dan diatas muka air tanah yang ada di kawasan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan Kawasan DAS

Penetapan hujan kawasan didapatkan dari data curah hujan dengan periode waktu 10 tahun terakhir dari tahun (2011 – 2020). Untuk memperoleh nilai dari data curah hujan memakai metode aljabar. Dapat dilihat nilai hujan dari perhitungan periode waktu 10 tahun terakhir memiliki nilai hujan max 248.8 milimeter serta nilai hujan min 79.2 milimeter.

Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Tabel 1. Persyaratan parameter statistik distribusi

UJI CHI KUADRAT				
Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson Type II
Chi-Kuadrat Hitung (X ₂)	1	2	2	3
Chi-Kuadrat Kritis (X _{2cr})	5,991	5,991	5,991	5,991
Hipotesa	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

UJI SMIRNOV KOLMOGOROV				
Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson Type II
Sminov Hitung (AP _{max})	0,092481818	055708182	10,92498	1,285257559
Smirnov Kritis (AP _{kritis})	0,41	0,41	0,41	0,41
Hipotesa	Diterima	Ditolak	Ditolak	Ditolak

Mendasari hasil dari Tabel 1 dapat diketahui hasil pengujian hipotesisnya pada *Uji Chi Kuadrat* memiliki hasil hampir semua diterima, sedangkan pada pengujian *Uji Smirnov Kolmogorov* hanya uji normal yang dapat diterima..

Analisis Hujan Rencana

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d$$

dengan Nilai $\bar{X} = 146.04$ mm, Nilai $S_d = 50.207$ mm, Nilai K_T (dilihat dari tabel)

$$\begin{aligned}
 X_T &= \bar{X} + K_T \cdot S_d \\
 &= 146.04 + (1.28 \times 50.207) \\
 &= 210.305 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 2 Perhitungan periode kala ulang distribusi normal

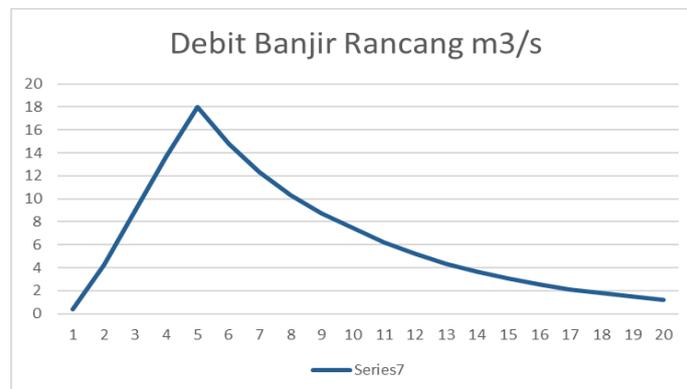
No	Periode Ulang	X	Kt	S	XT
1	2	146,04	0	50,21	146,04
2	5	146,04	0,84	50,21	188,2143
3	10	146,04	1,28	50,21	210,3056
4	20	146,04	1,64	50,21	228,3803

Distribusi Hujan Perjam

Berdasarkan perhitungan hujan rancangan didapatkan jam puncaknya 17.96 milimeter dari rencana hujan periode ulang 10 tahun yaitu 210.305 milimeter.

Debit Rancangan

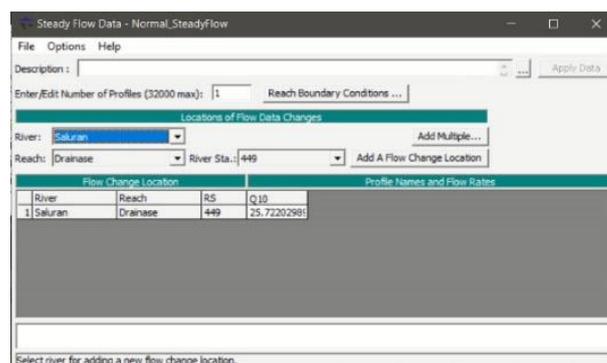
Analisis Nakayasu berlandaskan perhitungan debit Max dari metode Nakayasu didapat 17.96 m³/s



Gambar 5. Hidrograf Banjir dengan Metode Nakayasu

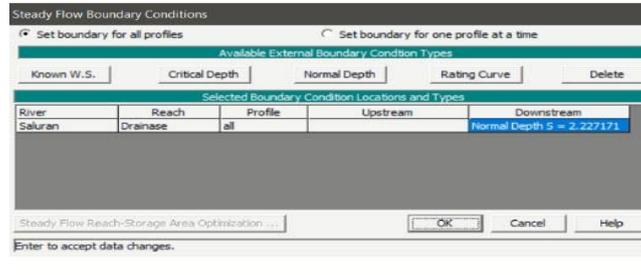
Perhitungan analisa permukaan memakai *Software* HEC-RAS 6.1

Membuat Aliran Steady Flow, untuk menghitung simulasi aliran *SteadyFlow* pertama input debit aliran lalu nilai memasukkan debit aliran *SteadyFlow*, klik menu-bar edit, klik sub menu *SteadyFlow*, masukkan nilai debit Q10.



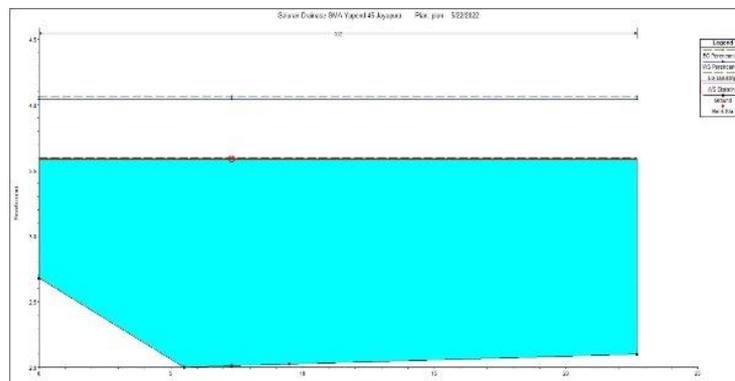
Gambar 6. Pengimputan Debit di Menu Steady Flow

Selanjutnya penginputan nilai kemiringan yang sudah dihitung yaitu 2.227, Klik icon Reach Boundary conditions – Normal Depth – masukan nilai kemiringan – Klik OK – Apply Data – Save data.

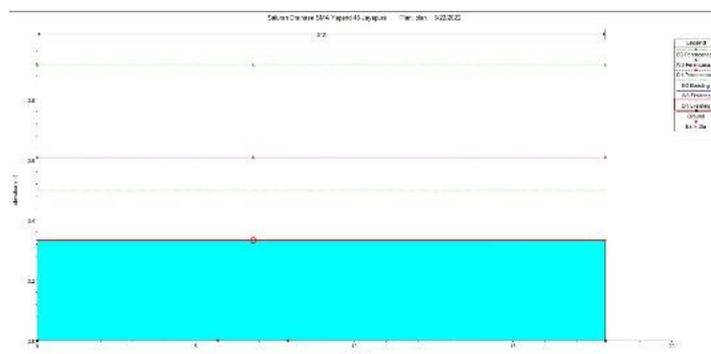


Gambar 7. Penginputan Kemiringan

Setelah data tersimpan selanjutnya dianalisis oleh program *Run – SteadyFlowAnalysis – Computer – Close*. Beberapa tampilan *Cross Section* didapatkan dari analisis Program HEC-RAS 6.1



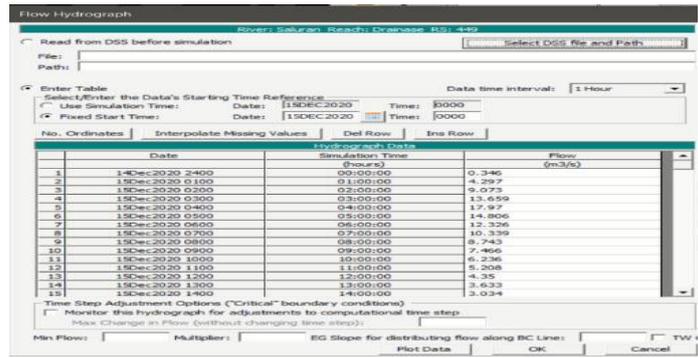
Gambar 8. Tampilan Cross Section Saluran Hilir



Gambar 9. Tampilan Cross Section Saluran Hulu

Membuat Aliran *Unsteady Flow*

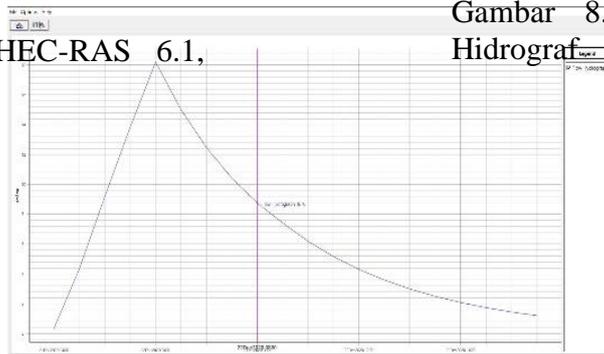
Untuk menghitung aliran *Unsteady Flow* membutuhkan data debit hidrograf dengan satuan jam, dan data tertinggi muka air di program HEC-RAS 6.1.



Gambar 10. Pengimputan Nilai Hidrograf

(Sumber : HEC-RAS 6.1, 2022)

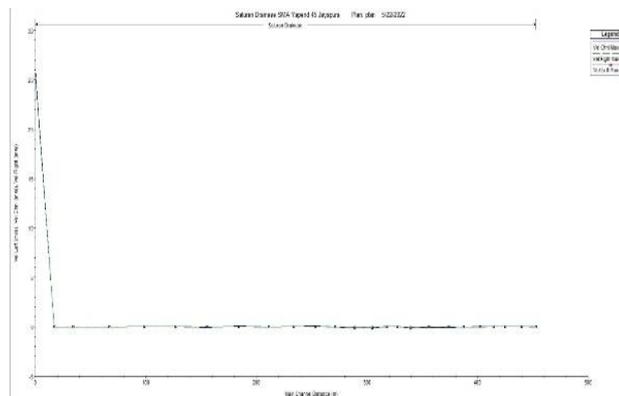
Gambar 8. Pengimputan Nilai Hidrograf



Gambar 9. Grafik Plot Nilai Hidrograf

Gambar 11. Grafik Plot Nilai Hidrograf

Sesudah data ter-save berlanjut ke analisis dengan rancangan *Performan UnsteadyFlow Simulation*, setelah terkomputer dapat dilihat hasilnya. Berdasarkan hasil analisis Hec-Ras 6.1 menggunakan perhitungan debit kurun waktu ulang 10 tahun, mendapatkan hasil yaitu perlunya penambahan dimensi saluran agar dapat menampung debit ekstrem.



Gambar 12. General Profil Plot *Unstaedy Flow*

Perancangan Dimensi Saluran

Perancangan dimensi saluran drainase dilakukan guna memperoleh dimensi ukuran saluran yang akan menyalurkan debit rencana yang memiliki tinggi muka air lebih rendah dari kondisi saluran dengan ukuran dimensi eksisting di lapangan.

Perhitungan perencanaan dimensi saluran

Menghitung Luas Penampang

$$\begin{aligned} &= (1\text{m} \times 0.42\text{m}) + (1 \times 0.42\text{m})^2 \\ &= 0.42\text{m} + 0.1764\text{m} \\ &= 0.5964 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Menghitung Keliling Penampang Basah

$$\begin{aligned} &= 1\text{m} + (2 \times 0.42 \sqrt{1 + 1^2}) \\ &= 2.1879 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari Hidraulik Penampang

$$\begin{aligned} &= 0.5964\text{m}^2 / 2.1879\text{m} \\ &= 0.2726 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Kecepatan saluran memakai perumusan Manning, menggunakan nilai kekasaran $n = 0.014$ yaitu jenis beton halus baik dan rata.

$$\begin{aligned} &= \frac{1.49}{0.014} R^{2/3} S^{1/2} \\ &= 106.428 \times 0.4204 \times 1.4924 \\ &= 44.620 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Menghitung Debit Saluran

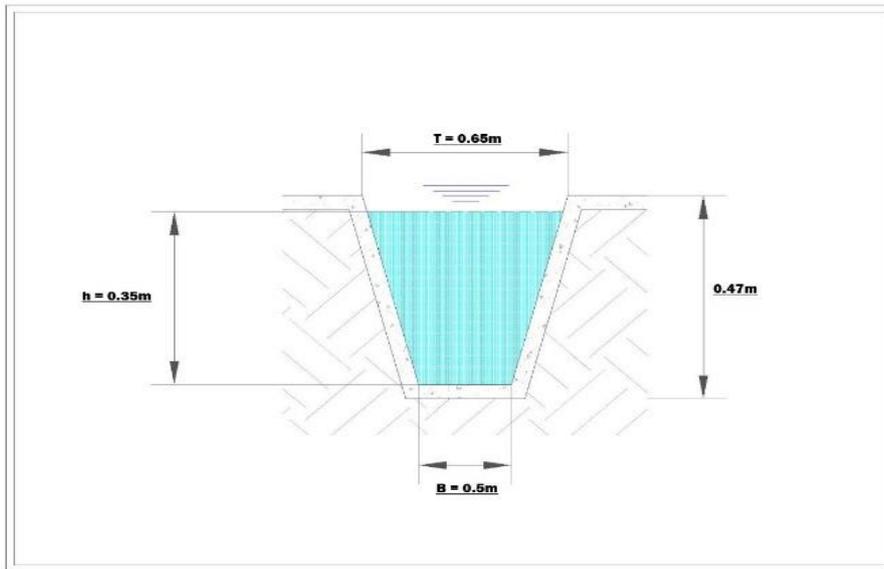
$$\begin{aligned} Q &= 0.5964 \text{ m}^2 \times 44.620 \text{ m/s} \\ &= 26.6117 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Tabel 3. Rekapitulasi perencanaan dimensi saluran

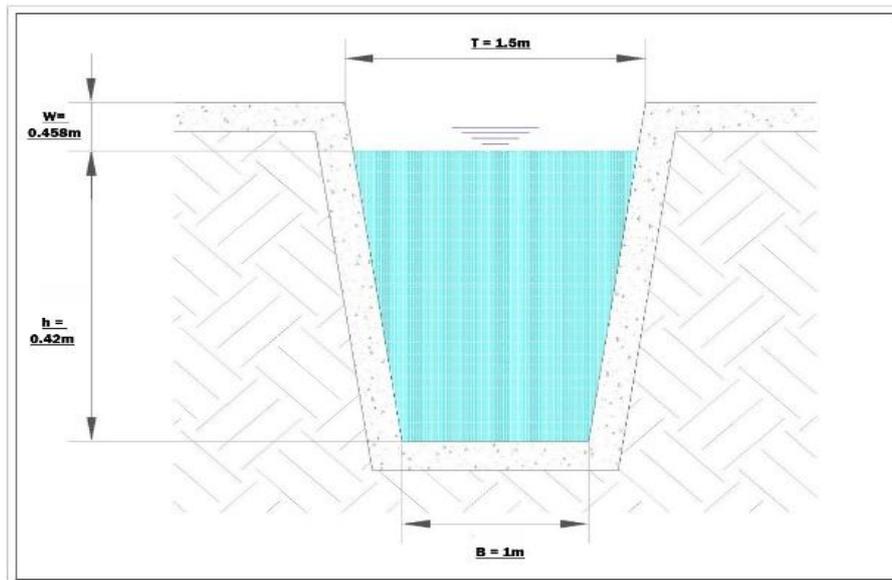
h	A	B	m	S	P	R	V	Q(m³/s)	Tinggi Jagaan
0,1	0,11	1	1	2.2271	1,2828	0,0857	20,5592	2,2615	0,2236
0,25	0,3125	1	1	2.2271	1,7071	0,1831	34,1730	10,6791	0,3535
0,29	0,3741	1	1	2.2271	1,8202	0,2055	36,9287	13,8150	0,3808
0,3	0,39	1	1	2.2271	1,8485	0,2110	37,5828	14,6673	0,3872
0,42	0,5964	1	1	2.2271	2,1879	0,2726	44,6206	26,6117	0,4583

Dari rekapitulas perencanaan debit dimensi saluran mempunyai kapasitas debit saluran > debit yang digunakan $Q_{\text{lapangan}} > Q_{10}$ (OK) aman. Dengan demikian di dapatkan dimensi untuk perencanaan saluran untuk lebar bawah (B) sebesar 1m dengan Kedalaman saluran (h) 0.42m. Pada saluran drainase Yayasan Pendidikan 45 Jayapura yang tepatnya berdekatan dengan lereng gunung, besar kemungkinan adanya sedimentasi yang ikut terbawa air yang mengalir saat hujan, sehingga perlu

dilakukan normalisasi saluran secara berkala. Berikut dimensi pada saluran *existing* di lapangan dan saluran *existing* perencanaan :

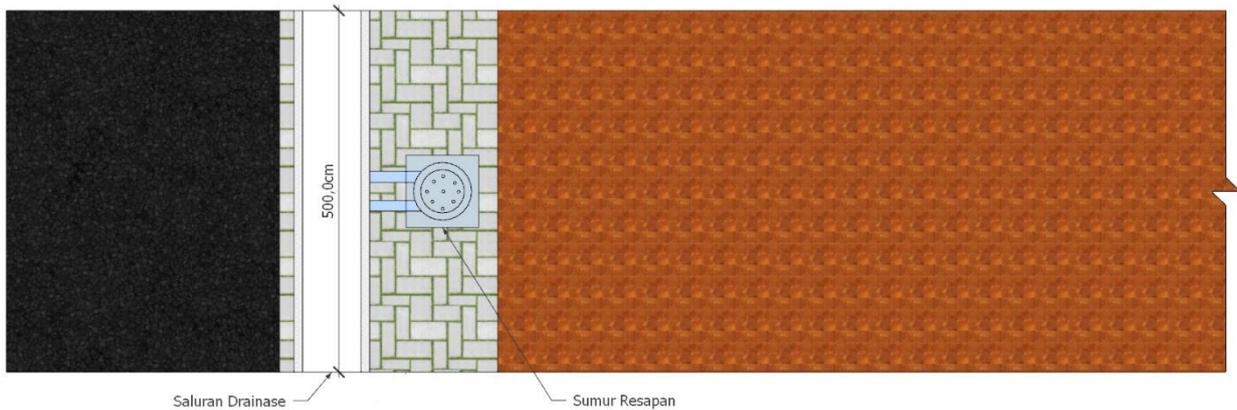


Gambar 13. Saluran Eksisting



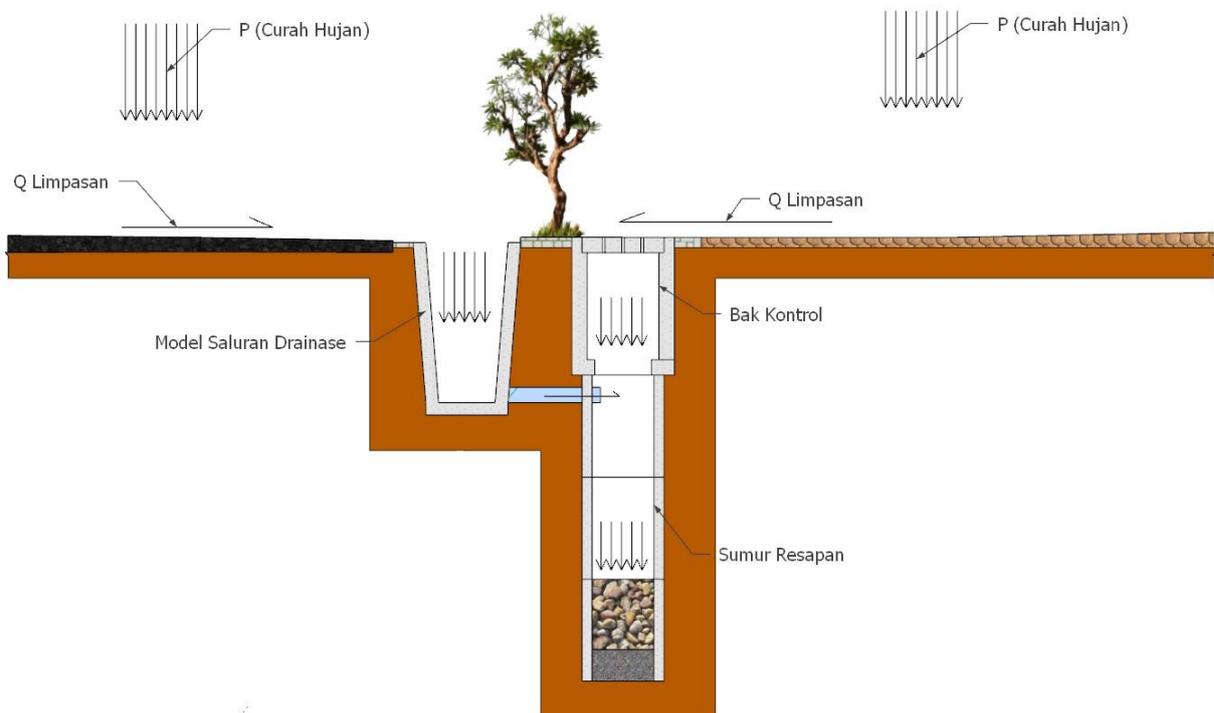
Gambar 14. Saluran Hasil Perhitungan

Sumur resapan sebagai tampungan akhir dan sistem infiltrasi aliran permukaan ditempatkan pada sisi samping saluran drainase yang dihubungkan dengan pipa PVC diameter 10 cm 2 buah, panjang saluran 5 meter ditempatkan 1 buah sumur resapan seperti terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Penempatan Sumur Resapan

Sedangkan detail dan penempatan sumur resapan pada lahan yang telah ditentukan, seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Posisi Detail Sumur Resapan dan Saluran Drainase

KESIMPULAN

Saluran drainase berfungsi mengalirkan air hujan dengan konstruksi beton halus saluran terbuka permanen. Debit aliran yang dapat di tampung dengan saluran Drainase sebelum perubahan Dimensi saluran sebesar $Q_{\text{saluran}} = 0.00119 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan dimensi saluran (B) sebesar 0.5m dan kedalaman saluran (h) 0.35m, pada saluran hilir tak mampu untuk menahan debit curah hujan maksimum, sehingga diperlukan perubahan dimensi saluran sebesar $Q_{\text{saluran}} = 25.722 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan dimensi saluran (B) sebesar 1m dan kedalaman saluran (h) 0.42m.



Solusi dari masalah saluran drainase ini yaitu dengan penempatan aspek bangunan yang tidak menutup saluran sehingga dapat dilakukan normalisasi saluran secara berkala, memperbesar saluran drainase, dan tidak membuang sampah di saluran drainase.

Sumur resapan sebagai tampungan akhir bermanfaat untuk menampung volume aliran permukaan curah hujan dan berfungsi meresapkan ke dalam tanah dan menambahkan air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kota Jayapura, 2022, *Profil Kota Jayapura*, Badan Pusat Statistik Kota Jayapura Papua Tahun 2022
- Department of Public Works, 2006, *Planning of Road Drainage Systems Pd.T-02-2006-B*, Research and Development Agency, DPU.
- Dwijaya, A. (2018). *Evaluasi Drainase Perkotaan Dengan Metode Hecras D Kota Nanga Bulik, Lamandau Propinsi Kalimantan Tengah*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(2), 104-115.
- European Regional Development Fund, 2013, *Handbook on Sustainable Urban Drainage Systems*, European Union.
- Febriana, Y. (2009). *Analisis Sistem Drainase Medokan Terhadap Fluktuasi Debit Kal Wonokromo*. *Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*.
- Golio, M. (2001). *SUDS For Roads*. *Engineering*, 20001220, 1347. <https://doi.org/10.1201/9781420036763>
- Hariyanto, Y. A. R. (2020). *Evaluasi drainase kawasan kompleks Graha Tirta Kota Malang dengan simulasi HEC-RAS 4.0* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- Kusuma, W. I. (2017). *Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Martiani, D. N., & Prayoto, M. J. P. (2020). *Tutorial Program HEC-RAS Untuk Analisa Hidrolika Sistem Drainase*.
- Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E. M. (2013). *Perencanaan Sistem Drainase*
- Parkinson, J., dan Mark, O. 2005, *Urban Stormwater Management in Developing Countries*, IWA Publishing.
- Rochmawati, Reny, and Andung Yuniarta. "Peningkatan Dimensi Saluran Drainase Dalam Upaya Mengatasi Genangan Air di Wilayah Kelapa Dua Entrop Kota Jayapura." *Jurnal Ilmiah Teknik dan Informatika* 2.1 (2017): 1-7.
- Rossman, L. 2010. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. EPA/600/R-05/040, U.S. Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH.
- SCOTS and SUDS Working Party, 2007, *SUDS For Roads*, University Of Abertay Dundee and Transport Scotland.
- Smith, D.R. 2005, *Permeable Interlocking Concrete Pavements*, Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI), Canada.
- Suripin, 2004, *Sustainable Urban Drainage System*, Publisher Andi, Yogyakarta
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). *Analisis Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus Sub DAS Ciberang HM 0+ 00-HM 34+ 00)*. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).
- Wesli, 2008. *Urban Drainage*, Publisher of Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Yuniarta, A., Suripin, & Setiadji, B. H. (2018). *Sustainable Road Drainage System : Experimental Model*. *Matec Web of Conferences*.
- Yuniarta, A., Suripin, & Setiadji, B. H. (2019). *Design of Sustainable Road Drainage System Model*. 1(1), 35–45. <https://doi.org/10.35793/jseps.v1i1.5>