

SISTEM DRAINASE BERKELANJUTAN PADA KAWASAN REKLAMASI PANTAI DR. SALASA NAMUDAT KABUPATEN FAK-FAK PROVINSI PAPUA BARAT

Andung Yunianta^{1*}, Asep Huddiankuwera², Sigit Riswato³, dan Liza Neirasari⁴

^{1*}Prodi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas Jayapura Papua,
e-mail: andung.ay@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas, Jayapura Papua.
e-mail: asepahuddiankuwera@gmail.com

³Prodi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas, Jayapura Papua.
e-mail: sigitriswanto2015@gmail.com

⁴Prodi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas, Jayapura Papua.
e-mail: @lizaneirasari@gmail.com

ABSTRAK

Kawasan reklamasi pantai umumnya ditandai oleh tingginya permukaan lahan kedap air yang berpotensi meningkatkan aliran permukaan (surface runoff) dan menimbulkan genangan atau banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana dan merancang sistem drainase berwawasan lingkungan pada Kawasan Reklamasi Dr. Salasa Namudat di Kabupaten Fak-Fak. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi (menggunakan metode Log Pearson Type III) serta perhitungan intensitas curah hujan dengan pendekatan Mononobe. Debit rencana dihitung untuk kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun, dilanjutkan dengan evaluasi kapasitas saluran, gorong-gorong, inlet, dan outfall. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting belum mampu menampung debit pada periode ulang tertentu, sehingga diperlukan desain ulang dengan memperhitungkan waktu konsentrasi dan koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan. Konsep Low Impact Development (LID) seperti bioswale, rain garden, dan permeable pavement, diintegrasikan untuk mereduksi limpasan, meningkatkan infiltrasi, serta menjaga keberlanjutan ekosistem. Penerapan pendekatan LID terbukti efektif sebagai strategi pengendalian aliran permukaan di kawasan reklamasi dengan kondisi tanah jenah air.

Kata kunci: Reklamasi, Drainase, Berkelanjutan

1. PENDAHULUAN

Reklamasi pantai adalah proses mengubah lahan perairan menjadi daratan melalui penimbunan material seperti pasir, batu, atau tanah. Kegiatan ini seringkali dilakukan untuk memperluas wilayah daratan, membangun infrastruktur publik, mengembangkan kawasan permukiman, industry, bisnis, pariwisata, perdagangan, selain itu Reklamasi juga dapat berfungsi sebagai pelindung pantai dari abrasi atau pengikisan oleh gelombang laut.

Namun, perlu diingat bahwa reklamasi pantai juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti kerusakan ekosistem pesisir, dinamika hidrologi suatu wilayah khususnya terhadap peningkatan aliran permukaan, peningkatan lahan impermeabel (lahan hasil reklamasi umumnya memiliki permukaan yang keras dan tidak permeabel seperti beton atau aspal), perubahan pola drainase, dan proses reklamasi melibatkan penimbunan material sedimen yang dapat meningkatkan sedimentasi saluran drainase. Sedimentasi ini dapat menyumbat saluran dan mengurangi kapasitas tampungnya.

Salah satu cara untuk mengendalikan aliran permukaan akibat perubahan tata guna lahan adalah dengan Analisis kapasitas drainase yang berkelanjutan dan penerapan konsep Low Impact Development (LID). LID merupakan suatu konsep pengelolaan skala kecil dari suatu sistem drainase air hujan, yang dimulai dari sumber masalah, sehingga efek negatif dari urban runoff dapat dikendalikan. LID direncanakan mampu mengendalikan tinggi muka air banjir, volume air banjir yang akan dilepas ke laut serta memelihara aliran dasar (base flow) dan menyaring limbah.

Lokasi penelitian yang dilakukan berada pada Kawasan Reklamasi Dr. Salasa Namudat dengan luas total area reklamasi seluas 80.105 m² atau 8.01 ha, di Kelurahan Fak-Fak Selatan Distrik Fak-Fak yang ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



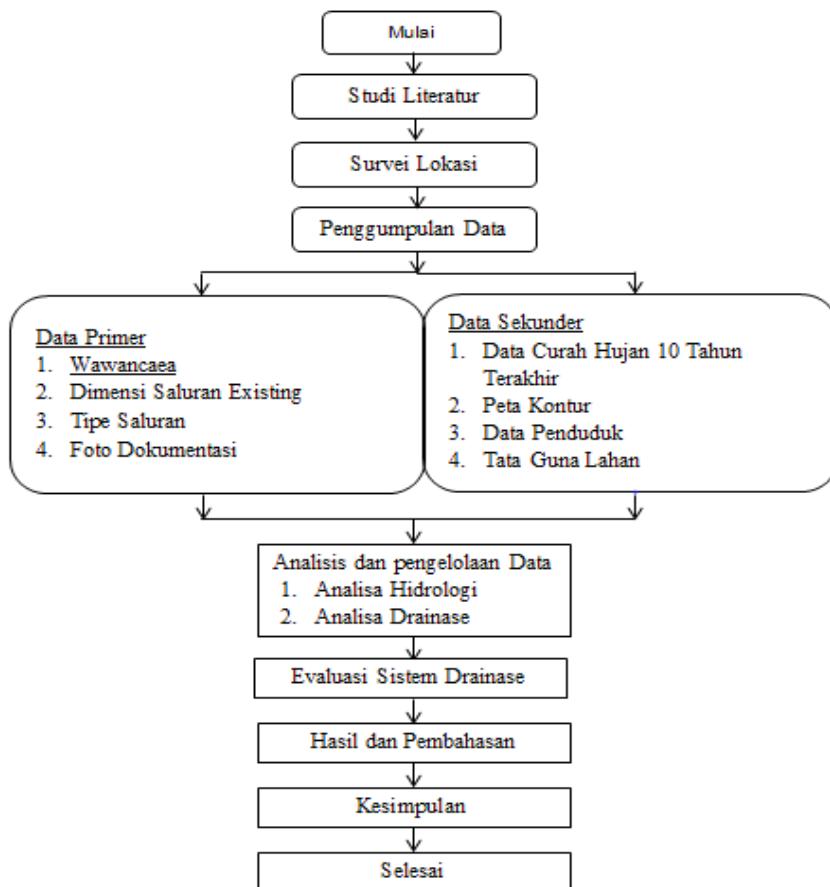
Gambar 1. Master Plan Kawasan Reklamasi Thumburuni Fakfak



Gambar 2. Lokasi Penelitian Kawasan Reklamasi Pantai Kota Fakfak

2. METODOLOGI

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian dimulai dari perumusan masalah hingga kesimpulan dan saran. Langkah penelitian yang dilakukan ditunjukkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Analisa data curah hujan yang diperlukan dalam analisis hidrologi, curah hujan merupakan tinggi hujan dalam satu hari, bulan atau tahun. Dinyatakan dalam mm, cm, atau inci. Intensitas hujan, adalah banyaknya hujan yang jatuh dalam periode tertentu. Misalnya mm/menit, mm/jam, mm/hari. Dengan memproses data curah hujan mentah, diolah menjadi data yang siap dipakai untuk perhitungan debit aliran. Data curah hujan yang akan dianalisis berupa kumpulan data selama 10 tahun pengamatan berturut-turut, dinyatakan dalam mm/24 jam. Beberapa jenis distribusi frekuensi dalam statistik hidrologi yang sering digunakan menurut para ahli antara lain:

1. Distribusi Normal, bentuk lonceng yang simetris, sering digunakan untuk memodelkan data yang terdistribusi secara acak dan independen. Contoh: Curah hujan tahunan rata-rata.

2. Distribusi Log-Normal, data asli ditransformasi ke dalam skala logaritmik sebelum dianalisis, sering digunakan untuk memodelkan data yang memiliki batas bawah nol dan varians yang meningkat seiring dengan peningkatan rata-rata. Contoh: Debit banjir maksimum tahunan.
3. Distribusi Gumbel, bentuknya asimetris ke kanan, sering digunakan untuk memodelkan nilai ekstrem maksimum, seperti curah hujan maksimum harian atau debit banjir maksimum tahunan. Contoh: Curah hujan maksimum harian.
4. Distribusi Pearson Tipe III, fleksibel dan dapat memiliki berbagai bentuk, tergantung pada parameternya, sering digunakan untuk memodelkan data yang memiliki kemencengan positif atau negatif. Contoh: Debit banjir.
5. Distribusi Log-Pearson Tipe III, variasi dari distribusi Pearson Tipe III, di mana data asli ditransformasi ke dalam skala logaritmik, sering digunakan untuk memodelkan data hidrologi yang memiliki kemencengan positif atau negatif dan batas bawah nol.

Intensitas Curah Hujan untuk mengetahui ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis Intensitas Curah Hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang terjadi pada masa lampau. Intensitas Curah Hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam.

Kala ulang hujan atau yang disebut return period merupakan periode (dalam tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama, kemungkinan dapat berulang kembali kejadianya satu kali dalam periode waktu tertentu. Misalnya : 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun sekali. Tinggi intensitas hujan, makin besar periode ulangnya, makin menaik. Penetapan Periode Ulang Hujan (PUH) ini dipakai untuk menentukan besarnya kapasitas saluran air terhadap limpasan air hujan atau besarnya kapasitas (kemampuan) suatu bangunan air.

Koefisien pengaliran sebagai perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada keadaan daerah pengaliran dan karakteristik hujan.

Waktu konsentrasi diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir suatu saluran.

Debit banjir dihitung menggunakan Methode Rasional dengan luas daerah aliran sungai (DAS) antara 40 sd 80 hektar. Menurut standard PU Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) < 5000 hektar. Dengan demikian untuk luas Daerah Aliran Sungai (DAS) diluar batas itu, koefisien limpasan/pengaliran (C) dapat dipecah - pecah berdasarkan tata guna lahan atau luas yang bersangkutan.

$$Q = 0,278 C.I.A \quad \text{satuan A dalam km}^2$$

$$Q = 0,00278 C.I.A \quad \text{satuan A dalam hektar}$$

Dengan :

$$Q = \text{debit banjir rancangan (m}^3/\text{detik)}$$

$$C = \text{koefisien pengaliran}$$

$$I = \text{intensitas hujan (mm/jam)}$$

$$A = \text{luas DAS (km}^2 \text{ atau hektar)}$$

Jika turun hujan sebesar 1 mm/jam selama 1 jam pada Daerah Aliran Sungai (DAS) seluas 1 km² pada permukaan yang licin (C=1), terjadi Q banjir (flood discharge) sebesar 0,00278 m³/detik

Kapasitas Saluran dalam persamaan $Q = A * V$ merupakan dasar dalam perhitungan kapasitas saluran dalam rekayasa hidrologi. Persamaan ini menyatakan bahwa:

$$Q : \text{debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$A : \text{luas penampang basah saluran (m}^2)$$

$$V : \text{adalah kecepatan aliran (m/s).}$$

Evaluasi kapasitas saluran drainase membandingkan debit rencana (Q_r) dengan kapasitas saluran (Q_s).

Apabila:

Q_r<Q_s berarti saluran mampu menampung debit yang terjadi.

Q_r>Q_s berarti saluran tidak mampu menampung debit yang terjadi.

Konsep drainase berwawasan lingkungan dalam kawasan reklamasi yang jenius air, pengendalian aliran permukaan dengan pendekatan Low Impact Development (LID) atau Pengembangan Berdampak Rendah dilakukan dengan prinsip meniru proses hidrologi alami yaitu dengan menahan, menyerap, dan menginfiltrasi air hujan sebanyak mungkin di lokasi. Berikut penerapan LID yang sesuai untuk kawasan reklamasi jenius air :

1. Bioretensi dan Rain Garden, Area cekungan dangkal yang ditanami vegetasi tahan air untuk menampung limpasan air permukaan. Didesain agar mampu menahan air sementara dan meningkatkan infiltrasi. Cocok ditempatkan di area terbuka, tepi jalan, atau lahan hijau antar bangunan. Fasilitas bioretensi, sering juga disebut taman hujan atau kebun hujan, adalah solusi pengelolaan limpasan air hujan yang terinspirasi oleh alam. Fasilitas ini mirip dengan ekosistem mini yang dirancang untuk menangkap dan mengolah limpasan air hujan. Sebuah fasilitas bioretensi umumnya berupa cekungan dangkal yang diisi dengan campuran tanah khusus, bahan organik, dan vegetasi. Kombinasi ini menciptakan lingkungan buatan yang mampu meniru proses-proses alami. Saat hujan turun, limpasan air hujan mengalir ke dalam fasilitas bioretensi. Cekungan tersebut bertindak sebagai zona penampungan yang menahan air sementara. Sistem bioretensi menggunakan tanah dan vegetasi yang dirancang khusus sebagai penyaring alami, yang menghilangkan polutan dan kotoran dari air hujan. Tanah memungkinkan air meresap perlahan, memberikan pengolahan fisik dan biologis sepanjang perjalanannya.



Gambar 4. Bioretention

2. Permeable Pavement (Perkerasan Berpori), menggunakan material jalan seperti beton berpori atau paving block berongga. Memungkinkan air hujan langsung meresap ke dalam tanah. Cocok untuk trotoar, parkir, dan jalan lingkungan.



Gambar 5. Parkiran Permeable Pavement

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah hujan rancangan Pada DAS Distrik Fak-Fak dianalisis berdasarkan data Hujan Harian Daerah Maksimum Tahunan. Khusus untuk DAS ini, hanya terdapat satu stasiun hujan, yaitu Stasiun Meteorologi Kelas III Torea, yang digunakan untuk menentukan Hujan Harian Maksimum Tahunan berdasarkan data curah hujan dari tahun 2014 hingga 2023. Dari data curah hujan tahunan maksimum Stasiun Meteorologi Kelas III Torea dapat dilakukan analisis statistik berbasis distribusi Log Pearson Type III yang sangat sering digunakan dalam studi hidrologi (banjir dan curah hujan ekstrim). Berbasis pada logaritma dari data dan mempertimbangkan kemencengan data (skewness). Berdasarkan nilai $C_s = -0,063809$, maka bisa dicari nilai K dari tabel Log Pearson III (Distribusi Log Pearson Type III Nilai G untuk C_s Negatif). Nilai K tergantung pada nilai C_s dan T (Periode Ulang). Setelah mendapatkan nilai rata-rata logaritmik ($\log \bar{X}$), standar deviasi (S_x) dan Koefisien Skewness selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan, $\log X = \log \bar{X} + K \cdot S_x$.

Tabel 1. Curah Hujan Rata-Rata Stasiun Meteorologi Kelas III Torea Dengan Metode Log Pearson III

No	Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	146.076
2	5	182.184
3	10	203.973
4	25	229.711

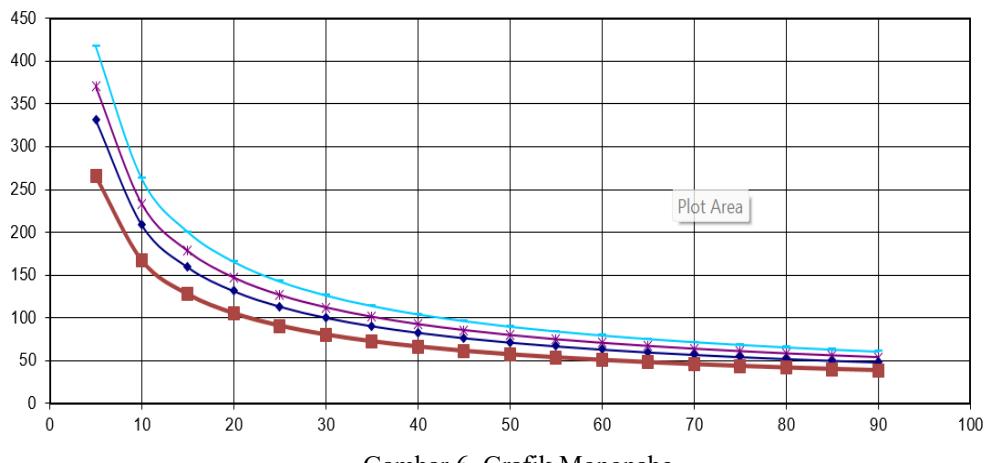
Perhitungan Intensitas Curah Hujan Rencana menggunakan metode Mononobe dengan alasan :

1. Salah satu keunggulan terbesar metode Mononobe adalah kemampuannya untuk menghitung intensitas curah hujan bahkan ketika data curah hujan jangka pendek tidak tersedia. Metode ini hanya membutuhkan data curah hujan harian, yang lebih mudah didapatkan dari stasiun-stasiun pengamatan hujan.
2. Rumus empiris yang relatif sederhana dan mudah diterapkan dalam perhitungan. Ini menjadikannya pilihan yang praktis bagi para perencana dan insinyur di lapangan, terutama dalam situasi di mana diperlukan estimasi cepat atau sumber daya data terbatas.
3. Intensitas curah hujan yang dihitung dengan metode Mononobe merupakan input penting untuk perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Debit banjir rencana ini sangat krusial dalam perancangan berbagai bangunan hidrolik seperti saluran drainase, gorong-gorong, dan fasilitas pengendali banjir lainnya.

4. Metode ini umumnya dianggap cocok untuk memodelkan intensitas curah hujan dengan durasi yang relatif pendek, di mana kejadian hujan dengan intensitas tinggi sering kali terjadi.

Tabel 2. Tabel Intensitas Curah Hujan Periode Ulang Sesuai Durasi

t (menit)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)			
	I ₂	I ₅	I ₁₀	I ₂₅
5	265.438	331.049	370.644	417.413
10	167.216	208.548	233.491	262.954
15	127.609	159.152	178.187	200.671
20	105.339	131.377	147.090	165.651
25	90.779	113.217	126.758	142.753
30	80.389	100.259	112.251	126.415
35	72.538	90.468	101.288	114.069
40	66.360	82.762	92.661	104.353
45	61.348	76.512	85.663	96.473
50	57.187	71.322	79.853	89.929
55	53.666	66.932	74.937	84.393
60	50.642	63.160	70.714	79.637
65	48.010	59.878	67.039	75.498
70	45.696	56.991	63.807	71.859
75	43.642	54.429	60.939	68.629
80	41.804	52.137	58.373	65.738
85	40.148	50.072	56.061	63.135
90	38.647	48.200	53.965	60.774



Gambar 6. Grafik Mononobe

Perencanaan Sistem Drainase pada Rencana Zona Open Yard Kawasan Reklamasi Doktor Salasa Namudat Perhitungan Debit Rencana Bagian ini menjelaskan rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung debit rencana dalam sistem drainase. Debit rencana ini penting untuk menentukan kapasitas saluran drainase yang dibutuhkan. Tabel-tabel berikut secara keseluruhan digunakan untuk menghitung debit aliran pada setiap segmen saluran berdasarkan karakteristik fisik saluran, area tangkapan, dan intensitas curah hujan, dengan tujuan untuk merencanakan kapasitas saluran yang memadai.

Tabel 3. Tabel Perhitungan Debit (Q) Curah Hujan Rencana Untuk Periode Ulang 2 Tahun Untuk Saluran Tertier

No	Nama saluran	Aliran Permukaan			Aliran dalam saluran			tc	Cs	Cr	Curah Hujan		Luas (A)	Q Rencana (m³/det)	Q Kumulatif (m³/det)
		Lt	St	to	Ls	V	td				T	I			
		(m)		Jam	(m)	m/dtk	Jam				Jam	Thn	m/dtk	m²	
1	A0 - B0	94.340	0.0011	0.152	50	0.40	0.035	0.187	0.915	0.433	2	0.01011	4000	0.0446	1.0946
2	A1 - B1	94.340	0.0011	0.152	50	0.40	0.035	0.187	0.915	0.433	2	0.01011	4000	0.0446	0.0446
3	A2 - B2	94.34	0.00264999	0.107	50	0.40	0.035	0.142	0.891	0.433	2	0.01216	4000	0.0522	0.0522
4	A3 - B3	94.34	0.00264999	0.107	50	0.40	0.035	0.142	0.891	0.433	2	0.01216	4000	0.0522	1.2522
5	C0 - D0	92.20	0.00162698	0.127	60	0.40	0.042	0.168	0.890	0.455	2	0.01084	4200	0.0512	0.0512
6	C1 - D1	92.20	0.00162698	0.127	60	0.40	0.042	0.168	0.890	0.455	2	0.01084	4200	0.0512	0.0512
7	C2 - D2	92.20	0.00433861	0.087	60	0.40	0.042	0.129	0.861	0.455	2	0.01297	4200	0.0593	0.0593

Tabel 4. Tabel Perhitungan Debit (Q) Curah Hujan Rencana Untuk Periode Ulang 5 Tahun Untuk Saluran Sekunder

No	Nama saluran	Aliran Permukaan			Aliran dalam saluran			tc	Cs	Cr	Curah Hujan		Luas (A)	Q Rencana (m³/det)	Q Kumulatif (m³/det)
		Lt	St	to	Ls	V	td				T	I			
		(m)		Jam	(m)	m/dtk	Jam				Jam	Thn	m/dtk	m²	
1	B0 - B1	94.340	0.0011	0.152	80	0.40	0.056	0.208	0.882	0.450	5	0.01175	4000	0.0519	1.1465
2	B2 - B3	94.34	0.0026	0.107	80	0.40	0.056	0.162	0.854	0.450	5	0.01384	4000	0.0592	1.3024
3	D0 - D1	92.20	0.0016	0.127	70	0.40	0.049	0.175	0.878	0.460	5	0.01316	4200	0.0621	1.3133
4	D2 - D3	92.20	0.0043	0.087	70	0.40	0.049	0.135	0.848	0.460	5	0.01562	4200	0.0712	1.4438

Tabel 5. Tabel Perhitungan Debit (Q) Curah Hujan Rencana Untuk Periode Ulang 10 Tahun Untuk Saluran Primer

No	Nama saluran	Aliran Permukaan			Aliran dalam saluran			tc	Cs	Cr	Curah Hujan		Luas (A)	Q Rencana (m³/det)	Q Kumulatif (m³/det)
		Lt	St	to	Ls	V	td				T	I			
		(m)		Jam	(m)	m/dtk	Jam				Jam	Thn	m/dtk	m²	
1	C3 - D3	92.20	0.00433861	0.087	60	0.4	0.042	0.129	0.861	0.455	10	0.01812	4200	0.0828	2.6374

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= Q(C3 - D3) + Q(B2 - B3) \\
 &= 2.6374 + 1.3024 \\
 &= 3.9398 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Q_{total} dipakai untuk perencanaan Outfall (Saluran Pembuang)

Perhitungan dimensi saluran bertujuan untuk menentukan ukuran-ukuran penampang melintang saluran agar dapat mengalirkan debit air.

Kecepatan rencana (v): 0.4 m/dtk, kecepatan aliran air yang diinginkan dalam saluran. Kecepatan ini biasanya ditentukan berdasarkan pertimbangan hidrolis seperti mencegah pengendapan atau erosi.

Koefisien kekasaran Manning (n): 0.0178, Koefisien Manning (n) mencerminkan tingkat kekasaran material dinding saluran. Nilai yang lebih kecil menunjukkan permukaan yang lebih halus, sedangkan nilai yang lebih besar menunjukkan permukaan yang lebih kasar. Nilai ini sangat memengaruhi hambatan aliran.

Kemiringan talud rencana (m:n): 1: 2, menunjukkan perbandingan horizontal terhadap vertikal untuk kemiringan sisi saluran. Dalam notasi m : n, berarti untuk setiap n satuan vertikal, terdapat m satuan horizontal. Dalam kasus ini, m=1 dan n=2, yang berarti kemiringan talud adalah 1 (horizontal) untuk setiap 2 (vertikal). Dalam rumus selanjutnya, nilai m yang digunakan adalah 1.

Penampang Ekonomis, untuk saluran trapesium, kondisi penampang ekonomis terjadi ketika luas penampang basah adalah yang paling efisien dalam mengalirkan air dengan keliling basah minimum. Salah satu kondisi untuk penampang ekonomis adalah hubungan antara lebar dasar (b) dan kedalaman aliran (h)

Luas Penampang Trapesium (A), Luas penampang basah (A) adalah area penampang melintang saluran yang terisi air.

Tabel-Tabel berikut menyajikan perhitungan dimensi dan karakteristik hidrolis dari beberapa segmen saluran tersier. Setiap baris mewakili satu segmen saluran.

Tabel 6. Tabel Perhitungan Dimensi Saluran Sekunder

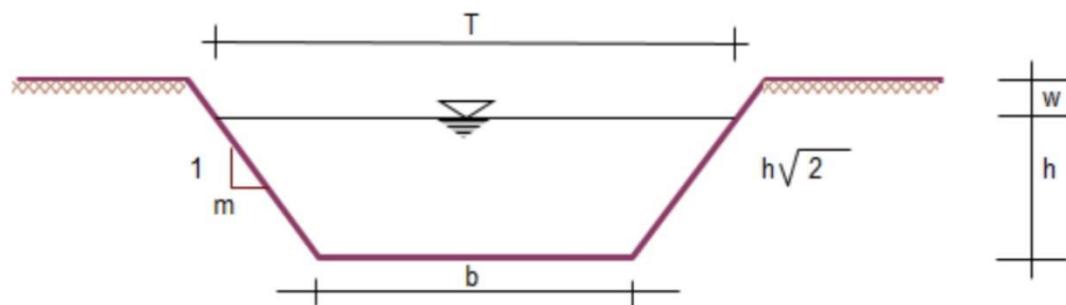
No.	saluran	Q maks	v	Dimensi Saluran			n	m	P	R	S	w	V saluran	Q saluran
				A	h	b								
				m²	m	m							m/dtk	m³/dtk
1	B0 - B1	1.14645	0.40	1.42081	0.75387	1.13081	0.0178	1	3.26276	0.43546	0.00063	0.48847	0.806901	1.14645
2	B2 - B3	1.30239	0.40	1.56342	0.79080	1.18620	0.0178	1	3.42259	0.45679	0.000625	0.4977	0.833042	1.30239
3	D0 - D1	1.31329	0.40	1.49638	0.77366	1.16049	0.0178	1	3.34841	0.44689	0.000714	0.49342	0.877645	1.31329
4	D2 - D3	1.44376	0.40	1.23881	0.70394	1.05590	0.0178	1	3.04663	0.40662	0.001429	0.47598	1.165435	1.44376

Tabel 7. Tabel Perhitungan Dimensi Saluran Tertier

No.	saluran	Q maks m^3/dt	v m/dt	Dimensi Saluran			n	m	P	R	S	w m	V saluran m/dtk	Q saluran m^3/dtk
				A m^2	h m	b m								
1	A0 - B0	1.09458	0.40	1.15056	0.67840	1.01760	0.0178	1	2.93611	0.39187	0.00100	0.4696	0.951346	1.09458
2	A1 - B1	0.04458	0.40	0.08044	0.17937	0.26906	0.0178	1	0.77632	0.10361	0.002	0.34484	0.554241	0.04458
3	A2 - B2	0.052208	0.40	0.06982	0.16712	0.25068	0.0178	1	0.72330	0.09653	0.004	0.34178	0.747709	0.05221
4	A3 - B3	1.252208	0.40	0.69601	0.52764	0.79146	0.0178	1	2.28363	0.30478	0.005	0.43191	1.799116	1.25221
5	C0 - D0	0.051233	0.40	0.09560	0.19555	0.29332	0.0178	1	0.84633	0.11295	0.001667	0.34889	0.53593	0.05123
6	C1 - D1	0.051233	0.40	0.06332	0.15914	0.23872	0.0178	1	0.68878	0.09193	0.005	0.33979	0.809148	0.05123
7	C2 - D2	0.059315	0.40	0.07067	0.16813	0.25220	0.0178	1	0.72767	0.09712	0.005	0.34203	0.839327	0.05932

Tabel 8. Tabel Perhitungan Dimensi Saluran Primer

No.	saluran	Q maks m^3/dt	v m/dt	Dimensi Saluran			n	m	P	R	S	w m	V saluran m/dtk	Q saluran m^3/dtk
				A m^2	h m	b m								
1	C3 - D3	2.63742	0.40	1.09243	0.66104	0.99156	0.0178	1	2.86097	0.38184	0.00667	0.46526	2.414277	2.63742



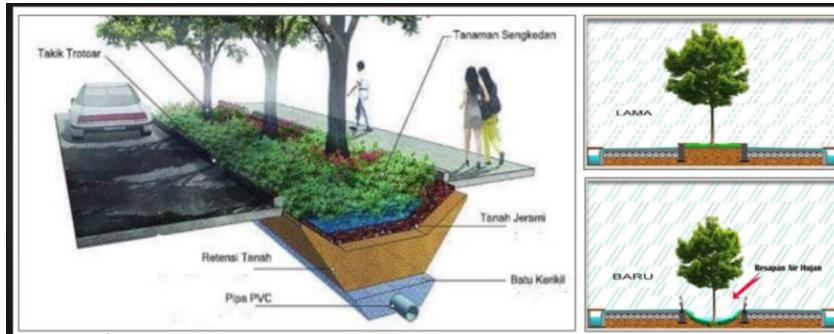
Gambar 7. Penampang Saluran

Penerapan sistem drainase yang berkelanjutan yang sesuai dengan kawasan reklamasi pantai Dr. Salasa Namudat adalah beberapa tipe yaitu:

1. Penerapan Bioswale dan Rain Garden Pada Area Rencana Perumahan, Public Area, dan Jalur Transportasi
Teknik Bioswale dan Rain Garden untuk pengurangan risiko banjir Bioswale adalah saluran bervegetasi berbentuk memanjang untuk mengandalkan limpasan air hujan dan menyaring polutan, sedangkan Rain Garden adalah taman dengan suatu area berbentuk cekungan bervegetasi yang didesain untuk mengumpulkan limpasan permukaan dan menyaring polutan dari area di sekitarnya. Baik Bioswale dan Rain Garden memiliki fungsi hidrologi, kimia, dan biologis, serta dapat berfungsi sebagai sarana untuk menampung dan meresapkan limpasan permukaan dari area di sekitarnya dan bila didesain dengan baik akan dapat memperindah lokasi. Pada kondisi tidak hujan, keduanya adalah cekungan kering, dapat digunakan untuk berbagai keperluan publik. Karena bentuknya memanjang, Bioswale dapat diaplikasikan pada area parkir, jalur hijau, sempadan jalan, atau jaringan transmisi. Sedangkan Rain Garden dapat diaplikasikan di lokasi-lokasi sempit di zona permukiman. Karena kemampuannya meresapkan air yang dipengaruhi oleh jenis tanah dan struktur geologi, kedua jenis infrastruktur ini dapat mengelola debit limpasan pada kejadian hujan dengan intensitas kecil hingga sedang. Pada kondisi tanah dengan daya infiltrasi rendah seperti kawasan reklamasi Dr. Salasa Namudat khususnya pada zona Open yard, dapat dilengkapi dengan sistem drainase bawah tanah yang dihubungkan dengan perairan setempat. Dengan penataan vegetasi yang disesuaikan dengan kondisi setempat, Bioswale dapat menjadi pilihan terbaik.



Gambar 8. Zona Jalur Transportasi Jalan Doktor Salasa Namudat



Gambar 9. Median Jalan diganti Bioswale



Gambar 10. Taman dengan dominasi beton diganti Rain Garden

2. Penerapan Permeable Pavement Pada Area Rencana Perumahan, Komersial, dan Jalur Transportasi
material penyusun perkerasan permeabel adalah sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (Paving Stones/Pavers): Ini adalah lapisan teratas yang terlihat, terbuat dari paving block atau bahan lain yang memungkinkan air meresap melalui celah-celahnya.
- Lapisan Filter/Selimut (Filter Layer/Choker Course): Berada tepat di bawah lapisan permukaan, berfungsi untuk mencegah material halus dari lapisan atas masuk ke lapisan dasar yang lebih kasar.
- Lapisan Dasar (Base Layer): Terdiri dari agregat kasar atau kerikil yang memiliki rongga besar untuk menampung air dan memungkinkan peresapan.
- Lapisan Sub-dasar (Sub-base Layer): Lapisan ini juga terbuat dari agregat kasar, memberikan kapasitas penyimpanan air tambahan dan distribusi beban.
- Geotextile/Liner (Geotextile/Liner): Lapisan ini ditempatkan di bawah lapisan sub-dasar, di atas tanah dasar. Fungsinya bisa sebagai pemisah antara tanah asli dan lapisan perkerasan untuk mencegah pencampuran, atau sebagai lapisan kedap air jika air perlu diarahkan ke sistem drainase.
- Tanah Dasar (Subgrade): Ini adalah lapisan tanah asli di bawah seluruh struktur perkerasan.



Gambar 11. Ruko Dengan Area Parkir Beton Yang Kedap Air Pada Reklamasi Doktor Salasa Namudat



Gambar 12. Alternatif Parkir Beton Kedap Air Diganti Permeable Pavement



Gambar 13. Alternatif Permeable Pavement Halaman Perumahan



Gambar 14 Alternatif Permeable Pavement Jalur Transportasi

4. KESIMPULAN

1. Debit banjir rencana untuk Kawasan Reklamasi Doktor Salasa Namudat telah berhasil dianalisis menggunakan metode hidrologi Log Pearson Type III, serta perhitungan intensitas curah hujan dengan pendekatan Mononobe untuk kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Hasil perhitungan debit rencana ini menjadi dasar penting dalam perancangan sistem drainase, yang bertujuan untuk mengendalikan efek negatif aliran permukaan perkotaan, termasuk tinggi muka air dan volume banjir yang akan dilepas ke laut.
2. Kapasitas saluran drainase, gorong-gorong, inlet, dan outfall eksisting menunjukkan bahwa sistem yang ada belum mampu menampung debit air yang terjadi pada periode ulang tertentu, sehingga berpotensi menimbulkan genangan atau banjir. Oleh karena itu, diperlukan desain ulang dengan memperhitungkan waktu konsentrasi dan koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan yang ada. Desain ulang ini krusial untuk memastikan kawasan tersebut tidak mengalami genangan atau banjir di masa mendatang.
3. Penelitian ini telah memperoleh kriteria desain untuk mengurangi risiko banjir pada kawasan reklamasi melalui konsep Low Impact Development (LID) yang berwawasan lingkungan. Penerapan strategi LID, seperti bioswale, rain garden, permeable pavement, dan greenroof, diintegrasikan untuk mereduksi limpasan permukaan, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, dan menjaga keberlanjutan ekosistem di kawasan reklamasi dengan kondisi tanah jenuh air. Pendekatan LID ini terbukti efektif sebagai strategi pengendalian aliran permukaan dan menjadi kriteria desain yang direkomendasikan untuk mengurangi risiko genangan/banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abi Aad, M. P., Suidan, M. T., & Shuster, W. D. (2010). Modeling techniques of best management practices: Rain barrels and rain gardens using EPA SWMM-5. *Journal of Hydrologic Engineering*, 15(6), 434–443. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000136](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000136)
- Bisht, D. S., Chatterjee, C., Kalakoti, S., Upadhyay, P., Sahoo, M., & Panda, A. (2016). Modeling urban floods and drainage using SWMM and MIKE URBAN: a case study. *Natural Hazards*, 84(2), 749–776. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2455-1>
- Bustiawan, N., Purwanto, A., 2023, *Penerapan Low Impact Development (LID) Dalam Mendukung Kebijakan Zero Delta Q Di Kabupaten Karawang*
- Carbone, M., Brunetti, G., & Piro, P. (2014). *Hydrological Performance of a Permeable Pavement in Mediterranean Climate*. (June). <https://doi.org/10.5593/SGEM2014/B31/S12.050>
- Golio, M. (2001). SUDS For Roads. *Engineering*, 20001220, 1347. <https://doi.org/10.1201/9781420036763>
- Guo, J. C. Y. (2009). Preservation Of Watershed Regime For Low Impact Development. *Hydrologic Engineering*, (January), 1–8.
- Guo, R., & Guo, Y. (2018). Analytical Equations for Use in the Planning of Infiltration Facilities. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000849>
- Hein, D. K., Swan, D. ., & Schaus, L. (2010). Structural and Hydrological Design of Permeable Pavement. *Conference of The Transportation Association of Canada*.
- Hendratta, L. A. (2014). Optimalisasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Sebagai Alternatif Penanganan Masalah Genangan Air. *Tekno Sipil*, 12(61), 9–24.
- Hendryarto, K.T., Suwandi., Setiadi, T., 2025, *Pengembangan Sistem Drainase Berkelanjutan Untuk Mengatasi Banjir Perkotaan*
- Kanso, T., Tedoldi, D., Gromaire, M. C., Ramier, D., Saad, M., & Chebbo, G. (2018). Horizontal and vertical variability of soil hydraulic properties in roadside sustainable drainage systems (SuDS)-nature and implications for hydrological performance evaluation. *Water (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/w10080987>
- Miguez, M. G., Bahiense, J. M., Rezende, O. M., & Veról, A. P. (2012). *New urban developments: flood control and LID—a sustainable approach for urban drainage systems*. 155, 469–480. <https://doi.org/10.2495/SC120391>
- Miguez, M. G., Bahiense, J. M., Rezende, O. M., & Veról, A. P. (2014). Sustainable urban drainage approach, focusing on lid techniques, applied to the design of new housing subdivisions in the context of a growing city. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 9(4), 538–552. <https://doi.org/10.2495/SDP-V9-N4-538-552>
- Mrowiec, M. (2016). Road Runoff Management Using Improved Infiltration Ponds. *Transportation Research Procedia*, 14, 2659–2667. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.435>
- Owuama, C. O. (2014). Sustainable Drainage System for Road Networking. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 5(2). <https://doi.org/10.7763/ijimt.2014.v5.491>
- Parkinson, J., & Mark, O. (2005). *Urban Stormwater Management in Developing Countries* (p. 240). p. 240.
- Rizzo, A., Bresciani, R., Masi, F., Boano, F., Revelli, R., & Ridolfi, L. (2018). Flood reduction as an ecosystem service of constructed wetlands for combined sewer overflow. *Journal of Hydrology*, 560, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.020>
- Rossman, L. A. (2010). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*.
- Rudiono, J. (2018). Priority Scale of Drainage Rehabilitation of Cilacap City. *IOP Conference Series: Materials*

- Science and Engineering*, 333(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/333/1/012111>
- Smith, D. R. (2006). *Permeable Interlocking Concrete Pavement*.
- Supriyani, E., Bisri, M., Dermawan, V., 2013, *Studi Pengembangan Sistem Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Sub Sistem Drainase Magersari Kota Mojokerto)*
- Wang, J., Forman, B. A., & Davis, A. P. (2018). Probabilistic stormwater runoff and water quality modeling of a highway in suburban Maryland. *Journal of Hydrologic Engineering*, 23(2), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001600](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001600)
- Yunianta, A., Suripin, & Setiadji, B. H. (2018). Sustainable Road Drainage System : Experimental Model. *Matec Web of Conferences*.
- Yunianta, 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>
- Zhou, Q. (2014). A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. *Water*, 6(4), 976–992. <https://doi.org/10.3390/w6040976>