

PERENCANAAN DRAINASE PADA PERUMAHAN THE PALM RESIDENCE SRIAMUR DENGAN PENDEKATAN INFRASTRUKTUR HIJAU DAN INFRASTRUKTUR ABU-ABU

Slamet Raharjo

Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

Corresponding author :

Email : 52119085@undira.ac.id



Diterima :
Direvisi :
Dipublikasi :

Kata Kunci :
Saluran Ekonomis,
Drainase, Banjir,
Grey Infrastructur,
Green Infrastructur

Abstract: The Palm Residence Sriamur housing complex is one of the housing complexes in the Bekasi Regency area that often experiences waterlogging during heavy rain. This research aims to provide an analysis of the inundation that occurs in terms of the size of the residential area and the dimensions of the residential channels that have been formed. The catchment area is 6.2 hectares and is divided into 6 sub-catchment areas. With planned rainfall data based on the UPT Halim Perdana Kusuma station from 2008 to 2022, the planned rainfall for 1 year is 91 mm, 2 year is 104 mm, 5 year is 161 mm, 10 year is 170 mm and 25 year is 203mm. So that an average planned rainfall of 109 mm. This causes water overflow in the 10 year return period in Sub-DTA 4 with channel size ($B=0.55$ cm; $y = 0.35$ cm) and Sub-DTA 6 with channel size ($B=0.70$ cm; $y= 0.65$ cm). To plan drainage, analysis was carried out with the help of the Arc-Gis application as a spatial application, WinTR-55 as a rainwater discharge simulation, and Upper Neuse Set as a pollutant and hydrology evaluation program. This research also provides recommendations regarding flood management by changing the channel dimensions in Sub-DTA 4 to ($B=1.30$ cm; $y= 0.65$ cm) and in Sub-DTA 6 to ($B=1.20$ cm; $y= 0.60$ cm) and to reduce water pollution, green infrastructure is implemented, such as Bioretention. With this application, water infiltration capacity will be increased by 1.13 inch/yr and a reduction in the nitrogen content in water by 191 lb/yr and phosphorus in water by 29.3 lb/yr.

Abstrak: Perumahan The Palm Residence Sriamur merupakan salah satu perumahan di wilayah Kabupaten Bekasi yang sering mengalami genangan air pada saat terjadi hujan deras. Skripsi ini bertujuan untuk memberikan analisa mengenai genangan yang terjadi ditinjau dari luasan daerah perumahan dan dimensi saluran perumahan yang sudah terbentuk. Luas daerah tangkapan air yaitu 6,2 hektar dan terbagi menjadi 6 sub daerah tangkapan air. Dengan data hujan rencana berdasarkan stasium UPT Halim Perdana Kusuma pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2022 diperoleh curah hujan rencana untuk 1 tahunan sebesar 91 mm, 2 tahunan sebesar 104 mm, 5 tahunan sebesar 161 mm, 10 tahunan sebesar 170 mm dan 25 tahunan sebesar 203 mm. Sehingga diperoleh curah

	hujan rencana rata-rata sebesar 109 mm. Hal ini yang menyebabkan luapan air pada periode ulang 10 tahunan pada Sub DTA 4 dengan ukuran saluran (B=0,55 cm; y = 0,35 cm) dan Sub DTA 6 dengan ukuran saluran (B=0,70 cm; y=0,65 cm). Untuk merencanakan drainase, dilakukan analisa dengan bantuan aplikasi Arc-Gis sebagai aplikasi spasial, WinTR-55 sebagai simulai debit air hujan, dan Upper Neuse Set sebagai program evaluasi polutan dan hidrologi. Dalam skripsi ini juga memberikan rekomendasi terkait penanganan banjir dengan melakukan perubahan dimensi saluran pada Sub DTA 4 menjadi (B=1,30 cm; y= 0,65 cm) dan pada Sub DTA 6 menjadi (B=1,20 cm; y= 0,60 cm) dan untuk menurunkan pencemaran air dilakukan penerapan green infrastruktur seperti penerapan <i>Bioretention</i> . Dengan penerapan tersebut akan diperoleh peningkatan daya resap air sebesar 1,13 inch/yr serta penurunan angka kandungan nitrogen dalam air sebesar 191 lb/yr dan fosfor dalam air sebesar 29,3 lb/yr.
--	--

PENDAHULUAN

Infrastruktur memegang peranan penting sebagai salah satu roda penggerak pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Keberadaan infrastruktur yang memadai sangat diperlukan dan menjadi bagian yang sangat penting dalam sistem pelayanan masyarakat. Berbagai fasilitas fisik merupakan hal yang vital guna mendukung berbagai kegiatan pemerintahan, perekonomian, industri dan kegiatan sosial di masyarakat dan pemerintahan (Soemardi dan Reini D, 2009).

Infrastruktur adalah fasilitas-fasilitas fisik yang dikembangkan atau dibutuhkan oleh agen-agen publik untuk fungsi-fungsi pemerintahan dalam penyediaan air, tenaga listrik, pembangunan limbah, transportasi dan pelayananpelayanan similar untuk memfasilitasi tujuan-tujuan sosial dan ekonomi (Kodoatie, R.J., 2005).

Seiring dengan peningkatan populasi penduduk, hal ini di imbangi dengan keinginan masyarakat untuk memiliki unit rumah idaman. Keinginan akan kepemilikan rumah tersebut membuat banyaknya proyek-proyek mengenai pembangunan perumahan-perumahan baru. Dalam Pembangunan Perumahan perlu diperhatikan adanya infrastruktur sebagai fasilitas penunjang agar perumahan tersebut mendapatkan suasana aman dan nyaman. Salah satu infrastruktur yang penting yaitu pembuatan drainase sebagai fasilitas penyaluran air dalam suatu bangunan perumahan tersebut.

METODE PENELITIAN

Studi Pendahuluan

Dalam studi pendahuluan ini, peneliti melakukan perenanaan pada Pembangunan Perumahan The Palm Reseidence Sriamur oleh PT. Palm Indah Permai di Kabupaten Bekasi. Perencanaan ini dilakukan karena dalam proses Pembangunan suatu perumahan sangat memerlukan adanya desain drainase yang sesuai dengan kondisi lahan. Hal ini dilakukan karena pada saat terjadi hujan deras, beberapa jalanan di Perumahan The Palm Residence Sriamur terdapat genangan air. Hal tersebut diakibatkan luapan atau limpasan air tidak dapat ditampung sepenuhnya pada saluran drainase yang sudah ada. Oleh karena itu untuk mengantisipasi terjadinya banjir dan dampak lainnya yang disebabkan oleh air hujan maupun air limbah keluarga, diperlukan perencanaan drainase yang sesuai dengan kondisi lahan dan curah hujan pada Perumahan tersebut.

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas fokus kajian ini berkaitan dengan luapan dan genangan air pada Perumahan The Palm Residence Sriamur diakibatkan perencanaan system drainase yang belum sesuai dengan kondisi curah hujan

Studi Literatur

Studi literatur penelitian ini didapat dari berbagai sumber, meliputi: data sekunder, data primer, data stasiun hujan dari BMKG, data DEMNAS kabupaten bekasi, jurnal, buku, dokumentasi, internet dan pustaka.

Tujuan Penelitian

Pada dasarnya penelitian ini dilakukan mempunyai tujuan tertentu yang ingin dicapai agar bermanfaat dan bermakna terhadap kegiatan penelitian berkenaan dengan permasalahan penelitian sebagaimana dirumuskan di atas, maka secara objektif penelitian ini ingin mengetahui perencanaan *Grey and Green Infrastructure* untuk diterapkan pada Perumahan The Palm Residence Sriamur.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data-datayang diperlukan oleh peneliti adalah:

a) Data Primer

Data primer yaitu data yang didapat serta dikumpulkan secara langsung dilapangan oleh peneliti yang memerlukan data (Hasan,2002). Data primer tersebut dapat berupa pengamatan dilapangan. Daam pengamatan dilapangan penulis melakukan pengukuran dimensi saluran existing.

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dan dikumpulkan oleh peneliti berdasarkan sumber-sumber yang ada (Hasan, 2002). Sumber-sumber dari data sekunder dapat diperoleh dari: penelitian terdahulu, buku, website, dan lain sebagainya. Dalam perencanaan system drainase pada Perumahan the palm residence sriamur ini penulis mengumpulkan beberapa data seperti:

- Data hujan pada Perumahan The Palm Residence Sriamur
- Peta DEM Kabupaten Bekasi, Jawa Barat
- Peta tutupan lahan provinsi Jawa Barat
- Data Saluran air kabupaten Bekasi, Jawa Barat
- Data pendukung lainnya

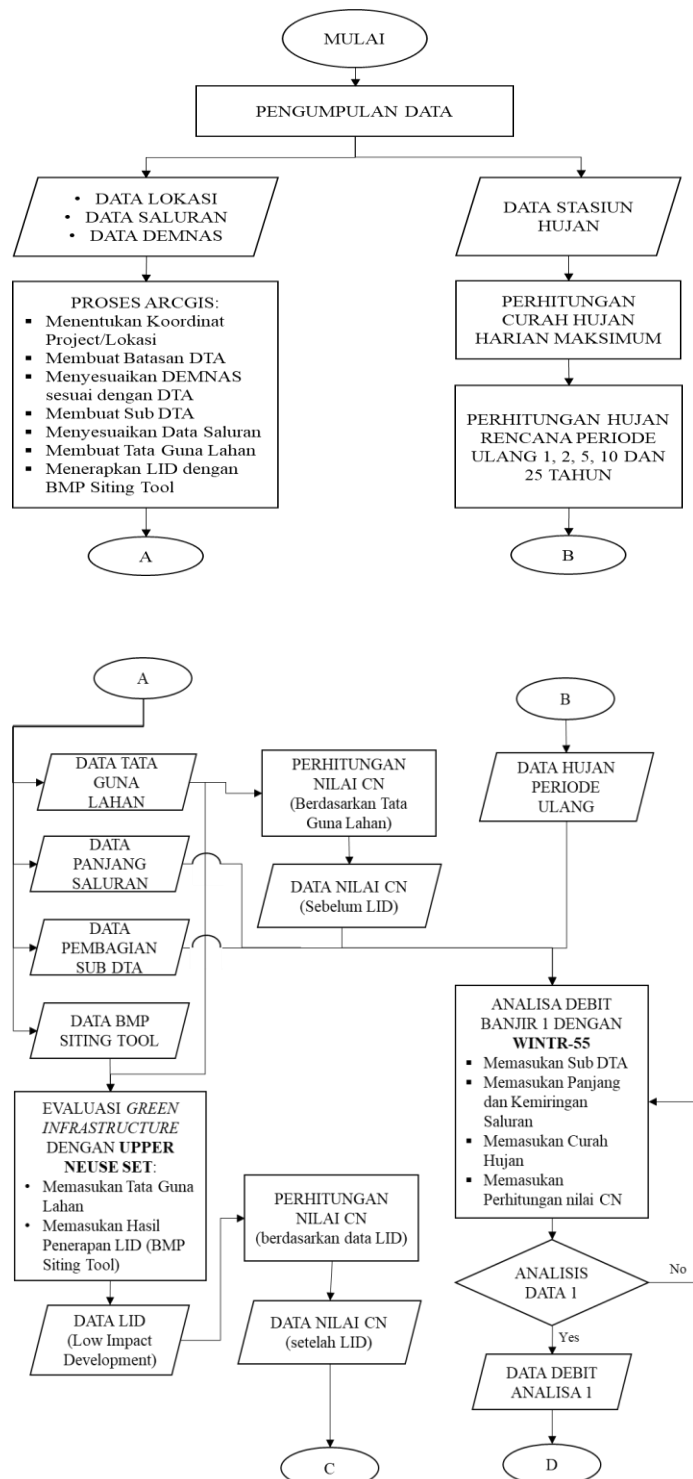
Pengolahan Data

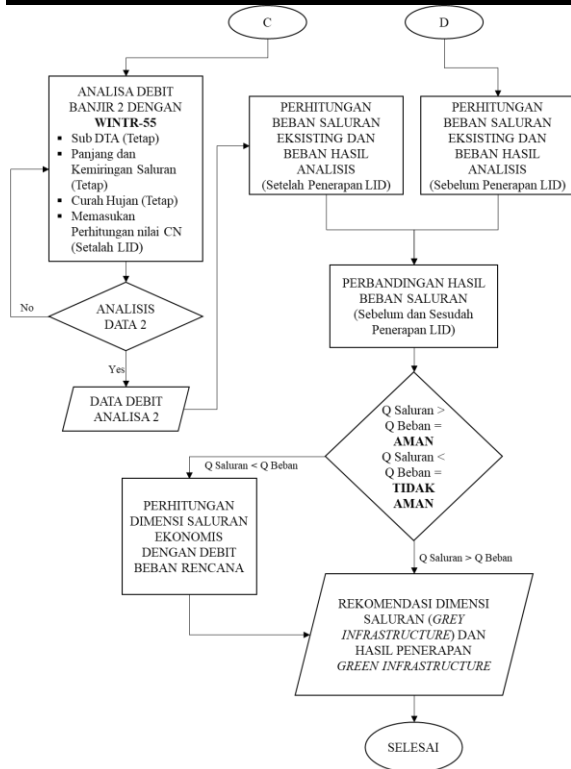
Analisis data dilakukan dengan cara data-data yang diperoleh kemudian kelompokkan berdasarkan fungsi datanya. Setelah dikelompokkan data tersebut di olah dan di analisis menggunkakan beberapa bantuan Software seperti ArcGis dan WinTR-55. Kemudian hasil dari data tersebut dimasukan kedalam tabel simulasi penerapan LID (*Low Impact Development*) dengan menggunakan bantuan Upper Neuse Set.

Kesimpulan dan Saran

Peneliti membuat kesimpulan umum (generalisasi) berdasarkan batas-batas penelitian yang ada dan sesuai dengan analisis yang lakukan. selain itu juga perlu menyajikan saran, karena penelitian biasanya memiliki keterbatasan - keterbatasan atau asumsi - asumsi berdasarkan pembahasan dokumen kajian awal prastudi kelayakan dan subjek penelitian.

Diagram Alir Proses Penelitian





Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. PENGOLAHAN DATA

1.1. Menentukan Batasan DTA (Daerah Tangkapan Air)

Dalam menentukan luas DTA terlebih dahulu kita harus melihat peta dari Google Earth untuk letak dari lokasi yang akan dilakukan penelitian. Aplikasi Google Earth menunjukkan area yang dilakukan penelitian. Setelah melakukan penentuan lokasi yang akan dilakukan penelitian. Kemudian memasukkan data tutupan lahan pada area tersebut yang dapat di peroleh melalui portal <https://www.indonesia-geospasial.com/2020/09/download-shp-tutupan-lahan-tahun-2019.html>. Pada portal tersebut tersedia beberapa data berdasarkan provinsi, karena lokasi perumahan The Palm Residence Siamur berada pada Provinsi Jawa barat maka kita melakukan pengunduhan data dengan memilih wilayah Provinsi Jawa barat.

1.2. Pengolahan Digital Elevation Model (DEM)

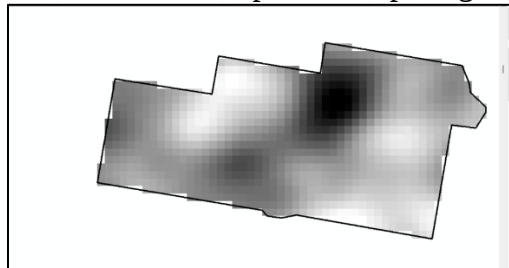
Digital Elevation Model (DEM) digunakan sebagai sumber data pada proses deliniasi batas DTA secara otomatis. Teknik deliniasi otomatis dibuat dengan prinsip ekstraksi data topografis. Sementara itu ekstraksi data topografis umumnya kurang memperhatikan proses koreksi terhadap data DEM yang digunakan, sehingga hal demikian akan berdampak pada output parameter hidrologi sebagai dasar deliniasi batas DTA (Purwono N., 2018).

Dalam memasukkan *Digital Elavation Model* (DEM) yang dipilih kedalam aplikasi ArGis, kita harus melakukan pengunduhan data pada website <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>. Kemudian pada portal website tersebut kita pilih lokasi mana yang akan kita analisa, lokasi tersebut ditunjukkan dengan bentuk persegi. Pada bentuk persegi tersebut kita lakukan pengunduhan data Denmas sesuai dengan wilayah yang sudah ditentukan.



Gambar 2. Tampilan Data DEMNAS Indonesia

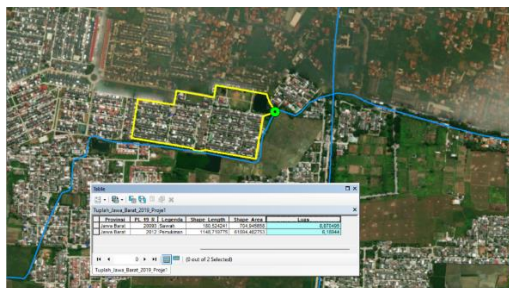
Setelah dilakukan pengunduhan kemudian data tersebut dapat dimasukkan ke aplikasi ArGis. Dalam aplikasi dapat dilakukan dengan menambahkan data, kemudian dipilih data Denmas dari Area yang akan kita lakukan analisa. Hasil input Denmas untuk Perumahan The Palm Residence Sriamur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. DEMNAS Area Penelitian

1.3. Menentukan Batasan DTA (Daerah Tangkapan Air)

Berdasarkan denah yang sudah dimasukkan kedalam software ArGis. Selanjutnya dilakukan pembatasan wilayah dengan memberikan shapefile dengan bentuk polygon pada wilayah yang akan kita lakukan perencanaan. Gambar penentuan batasan DTA dan luas DTA dapat dilihat pada gambar 4, berikut:



Gambar 4. Penentuan Luas DTA

Dari gambar diatas diperoleh Luas DTA (Daerah Tangkapan Air) yang akan dilakukan perencanaan system drainase pada perumahan The Palm Residence Sriamur yaitu seluas 6,28 Hectare (Ha). Selain membuat Batasan wilayah, pada software ArcGis kita juga menentukan titik penghubung antara wilayah perumahan dengan saluran pembuangan utama. Saluran pembuangan utama ini berupa bagan saluran air. Titik pertemuan antara batasan wilayah dan saluran ini biasa juga disebut POI (Point Of Interest).

Setelah melakukan penentuan Batasan wilayah, selanjutnya kita juga harus menentukan pembagian dari Daerah tersebut menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian dari DTA (Daerah Tangkapan Air) biasa juga disebut dengan SUB DTA. Dalam wilayah yang sudah di tentukan untuk perencanaan system drainase terbagi menjadi 6 SUB DTA.

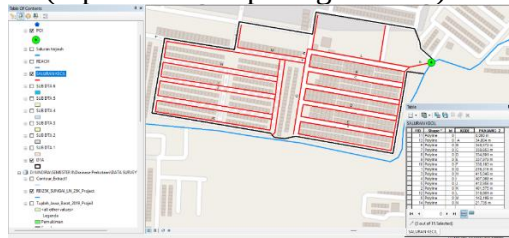
Dari pembagian Sub DTA tersebut dilakukan juga perhitungan untuk masing-masing luasan Sub DTA seperti terlihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Luasan Sub DTA

SUB DTA	SUB DTA 1	SUB DTA 2	SUB DTA 3
LUAS	3.646,63	7.381,77	4.896,33

1.4. Menentukan Saluran-Saluran dalam DTA

Setelah melakukan penentuan titik POI pada area perumahan The Palm Residence Sriamur, selanjutnya dilakukan pembuatan jalur-jalur saluran eksisting dan melakukan perhitungan panjang saluran-saluran dalam wilayah yang sudah dipilih (seperti terlihat pada gambar 5).



Gambar 5. Saluran-Saluran pada Area DTA Penelitian

Dalam penentuan saluran tersebut saluran terpanjang dalam DTA diperoleh sepanjang 547,21 m.

1.5. Menentukan Elevasi Terendah Dan Elevasi Tertinggi

Untuk mengetahui elevasi pada saluran-saluran yang sudah terdapat di Perumahan The Palm Residence Sriamur terlebih dulu kita harus melakukan input data salura pada wilayah kabupaten Bekasi. Setelah melakukan input data dilanjutkan dengan membuat jalur-jalur saluran eksisting pada aplikasi ArGis. Langkah tersebut dilakukan dengan menambahkan ShapeFile polyline. Setelah jalur saluran eksisting kita dapatkan, dapat kita lanjutkan dengan melihat elevasi pada saluran tersebut dimana titik elevasi terendah saluran dan titik elevasi tertinggi saluran.

Dari data aplikasi ArcGis tersebut diketahui elevasi terendah berada pada elevasi +3,700 dan elevasi tertinggi pada saluran terpanjang DTA yaitu +12,77. Setelah mengetahui elevasi saluran terendah dan elevasi saluran tertinggi pada Perumahan The Palm Residence Sriamur, maka data tersebut dapat digunakan untuk menentukan derajat kemiringan saluran dan berpengaruh juga kepada laju debit aliran air nantinya. Selain itu dilakukan juga pengambilan data elevasi pada masing-masing saluran yang terdapat pada DTA tersebut. Setelah mengetahui titik elevasi dari masing-masing saluran, maka dapat kita masukan kedalam tabel untuk mengetahui kemiringan dari masing-masing saluran seperti terlihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai Elevasi Saluran Sub DTA

SUB DTA	PANJANG SALURAN	ELEVASI	
	(m)	TINGGI	RENDAH
SUB DTA 1	34,80	3,70	3,23
SUB DTA 2	310,66	9,32	3,70
SUB DTA 3	163,84	11,41	6,61
SUB DTA 4	1691,1	10,86	3,70
SUB DTA 5	276,32	9,25	6,61
SUB DTA 6	1636,65	9,14	7,79

Setelah menentukan luasan DTA dan menentukan kategory tata guna lahan, selanjutnya dapat mengaplikasikan data tersebut ke dalam perhitungan dengan menggunakan BMP Siting Tool.

Setelah memasukan semua data-data yang dibutuhkan selanjutnya bisa dilakukan penyimpanan terhadap data-data tersebut. Perlu di pastikan bahwa pada saat melakukan penyimpanan tidak terdapat perintah kesalahan data, kesalahan yang mungkin terjadi seperti tidak memasukan data koordinat pada saat melakukan pengolahan data. Apabila data sudah tersimpn dengan benar, selanjutnya bisa memasukan tipe pada BMP Siting Tool yang dibutuhkan. Setelah tipe BMP Siting Criteria dimasukan selanjutnya bisa dijalankan proses dari tipe yang sudah dipilih tersebut.

Setelah proses penerapan BMP Siting Criteria pada Software Arcgis, selanjutnya akan terlihat simulasi penerapan dari *green infrastructure*. Untuk wilayah penelitian diperoleh penerapan yang sesuai dengan tipe *Bioretention*.

1.6. Perhitungan Hujan Rencana dan Hujan Wilayah

Sebelum menentukan data hujan yang akan digunakan terlebih dahulu penulis mencari lokasi koordinat stasiun hujan BMKG yang terdekat dengan lokasi penelitian. Dari hasil yang diperoleh, penulis mengambil 3 stasiun yang terdekat dengan lokasi penelitian. memasukan data stasiun dengan metode polygon Thiessen. Berdasarkan data stasiun di wilayah DKI Jakarta dan Jawa Barat, terdapat 8 Stasiun UPT untuk dicari lokasi UPT yang mencakup wilayah yang sedang dilakukan penelitian yaitu di Perumahan The Palm Residence Sriamur. Dari semua stasiun UPT tersebut diambil 2 stasiun UPT dari wilayah DKI Jakarta dan 2 Stasiun UPT dari Wilayah Jawa Barat.

Setelah mengetahui data koordinat UPT pada wilayah DKI Jakarta dan Jawa Barat, selanjutnya data koordinat tersebut dapat di input ke dalam software ArGis untuk mengetahui lokasi UPT terhadap daerah penelitian. Untuk selanjutnya dilakukan penentuan stasiun hujan dengan metode Thiessen.

Berdasarkan metode Thiessen yang sudah dilakukan maka untuk Perumahan The Palm Residence Sriamur, masuk ke dalam wilayah stasiun dengan koordinat Latitude - 6,27036 dan Longittude 106,88926 yaitu Stasiun UPT Halim Perdana Kusuma Jakarta.

Tabel 3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2008-2022

TH	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGST	SEPT	OKT	NOV	DES	Harian Max
2008	33.7	0	35	19.8	16.5	27.6	0	19.7	18	0	23.2	20	35.00
2009	0	0	16	140.4	64.2	19.2	0	95	0	20.1	0	0	140.40
2010	86.4	61.3	31.7	40	83.1	34.7	45	0	0	0	50.1	37.1	86.40
2011	21.6	0	23.5	0	64.2	18	12.3	0	0	32.4	89.6	22	89.60
2012	85.3	90.6	59.8	42	36.3	49.3	0.8	0	0	39.4	52.5	94.4	94.40
2013	161	43.8	87.7	0	0	18.6	67	0	3.2	24.5	66	31.8	161.00
2014	120.8	102.7	100.8	37.4	47.7	54.5	60.9	42.7	18.5	0	57.8	69.5	120.80
2015	67	124.6	124.5	92.6	26.8	28	0	1.7	0	0	36	0	124.60
2016	61.2	62.4	0	111.6	54	85.6	41.8	51.4	78.4	0	79.6	37.8	111.60
2017	43	136.3	42.2	91.6	26.2	24.4	4.9	19	2.6	55	0	62	136.30
2018	90.6	47.9	42	101.2	41.2	16.1	1.4	0	0	62.7	71.6	34.7	101.20
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Hasil penentuan lokasi stasiun hujan dengan metode Thiessen diperoleh data stasiun hujan pada UPT Halim Perdana Kusuma Jakarta. Adapun data curah hujan harian maksimum dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2022, dapat dilihat pada tabel 3 di atas..

Dari tabel 3 mengenai data curah hujan harian maksimum tersebut kemudian diurutkan dengan data hujan harian maksimum terbesar berada pada baris teratas. Sehingga dapat dilakukan penentuan urutan curah hujan berdasarkan data yang paling besar.

Berdasarkan urutan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan curah hujan harian rata-rata seperti terlihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Curah Hujan Harian Rata-Rata

No Urut	Tahun	Ri (e)	P (%)	Ri - R _{rata}	(Ri - R _{rata}) ²
1	2013	161.00	8.33	51.79	2,682.30
2	2009	40.40	16.67	31.19	972.87
3	2017	136.30	25.00	27.09	733.92
4	2015	124.60	33.33	15.39	236.88
5	2014	120.80	41.67	11.59	134.35
6	2016	111.60	50.00	2.39	5.72
7	2018	101.20	58.33	- 8.01	64.15
8	2012	94.40	66.67	- 14.81	219.31
9	2011	89.60	75.00	- 19.61	384.52
10	2010	86.40	83.33	- 22.81	520.25
11	2008	35.00	91.67	- 74.21	5,506.99
	Ra (X_{bar})	109.209			11,461.25
	Sx	33.854			

1.7. Perhitungan Waktu Konsentrasi

Berdasarkan data-data yang sudah diperoleh baik menggunakan software ArGis dan data hujan yang diperoleh dari UPT Halim Perdana Kusuma. Selanjutnya data tersebut dilakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus yang diperlukan.

Perhitungan Waktu konsentrasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Metode Kirpich. Dari data yang sudah diperoleh diketahui saluran terpanjang pada DTA tersebut yaitu 547,21 meter. Sehingga rumus yang digunakan yaitu:

$$T_c = 0,0195 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \text{ menit}$$

$$\text{Dimana } S = \frac{\Delta H}{L}$$

$$\Delta H = \text{elevasi tertinggi saluran} - \text{elevasi terendah saluran}$$

$$12,77 - 3,70 = 9,07$$

Diketahui:

$$L : 547,21 \text{ m}$$

$$S : 9,07 / 547,21 = 0,01657$$

Sehingga

$$T_c = 0,0195 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \text{ menit}$$

$$= 0,0195 (547,21/0,01657)^{0,77}$$

= 58,82 menit

Dengan perhitungan yang sama setelah diterapkan pada panjang saluran DTA, terlihat seperti tabel 5 dan tabel 6 berikut:

Tabel 5. Waktu Konsentrasi Saluran

SUB DTA	PANJANG SALURAN (meter)	ELEVASI		SLOPE (%)	TC (menit)	TC (hours)
		TINGGI	RENDAH			
SUB DTA 1	34.8	3.7	3.23	0.014	8.252	0.138
SUB DTA 2	310.66	9.32	3.7	0.018	35.551	0.593
SUB DTA 3	163.84	11.41	6.61	0.029	14.986	0.250
SUB DTA 4	1691.1	10.86	3.7	0.004	400.989	6.683
SUB DTA 5	276.32	9.25	6.61	0.010	53.110	0.885
SUB DTA 6	1636.65	9.14	7.79	0.001	1377.747	22.962

Tabel 6. Waktu Konsentrasi Reach

SUB DTA	PANJANG SALURAN (meter)	ELEVASI		SLOPE (%)	TC (menit)	TC (hours)
		TINGGI	RENDAH			
REACH 1	36.46	7.79	6.61	0.014	8.553	0.143
REACH 2	152.23	6.61	5.46	0.018	20.527	0.342
REACH 3	36.11	5.46	4.55	0.029	4.677	0.078
REACH 4	34.8	4.55	3.70	0.004	20.158	0.336

Kala Ulang	1	2	5	10	25
Xt	91.7290	104.5521	161.4952	170.4662	203.6384
Xbar	109.209	109.209	109.209	109.209	109.209
Yt	0.000	0.367	1.994	2.250	3.199
Yn	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996
Sn	0.9676	0.9676	0.9676	0.9676	0.9676
Sx	33.854	33.854	33.854	33.854	33.854

Dari data tersebut diatas, maka dapat dihitung untuk beban saluran masing-masing sub DTA dengan mempertimbangkan periode hujan. Berdasarkan tabel data hujan dengan nilai n (11) maka diperoleh nilai Y_n untuk $n(11) = 0,4996$ dan nilai S_n untuk $n(11) = 0,9676$. Dari data nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan periode ulang atau perhitungan hujan rencana seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Periode kala Ulang Curah Hujan 1 Tahun sampai 25 Tahun

Kala Ulang	1	2	5	10	25
Xt	91.729	104.552	161.495	170.466	203.638
Xbar	109.209	109.209	109.209	109.209	109.209
Yt	0.000	0.367	1.994	2.250	3.199
Yn	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996
Sn	0.9676	0.9676	0.9676	0.9676	0.9676
Sx	33.854	33.854	33.854	33.854	33.854

2. PERHITUNGAN BEBAN SALURAN EKSISTING

3.1. Perhitungan Nilai CN Sub DTA

Dari data-data yang sudah diperoleh dilakukan simulasi peenerapan beban saluran pada kala ulang 10 tahun, penerapan beban saluran pada periode kala ulang 10 tahun dibantu dengan menggunakan software WinTR 55. Simulasi dengan menggunakan software WinTR-55 dibuat dalam 2 simulasi yaitu (simulasi sebelum penerapan LID/Low Impact Development dan setelah penerapan LID). Sebelum memulai simulasi dengan WinTR-55 terlebih dahulu dilakukan perhitungan Nilai CN berdasarkan hasil Tata Guna Lahan yang sudah ditentukan. Perhitungan

3.2. Analisa Dengan WinTR-55

Berdasarkan data perhitungan Nilai CN kemudian dimasukan kedalam analisa perhitungan debit menggunakan Software WinTR-55 seperti terlihat pada gambar berikut:

The screenshot shows the WinTR-55 Small Watershed Hydrology software interface. The 'Project Identification Data' section includes fields for User (TA_Arjo), State, Project (Grey and Green Infra), County, Subtitle, and Execution Date (12/13/2023). The 'Sub-areas are expressed in' section has radio buttons for Hectares (selected) and Square Kilometers. The 'Dimensionless Unit Hydrograph' is set to 'standard'. The 'Storm Data Source' is 'User-provided custom storm data' and the 'Rainfall Distribution Identifier' is 'Type II'. The 'Sub-area Entry and Summary' table is as follows:

Sub-area Name	Sub-area Description	Sub-area Flows to Reach/Outlet	Area (ha)	Weighted CN	Tc (hr)
SUB DTA1		Outlet	0.36	98	0.137
SUB DTA2		REACH 4	0.74	73	0.317
SUB DTA3		REACH 3	0.49	89	0.250
SUB DTA4		REACH 4	2.03	97	0.419
SUB DTA5		REACH 2	0.47	97	0.370
SUB DTA6		REACH 1	2.19	97	1.666

The Project Area is 6.28 (ha).

Gambar 6. Input Data pada WinTR-55

Gambar 7. Input Saluran Penghubung pada WinTR-55

Gambar 8. Input Data Curah Hujan Pada WinTR-55

Setelah semua data dimasukkan ke dalam Software WinTR-55, kemudian dijalankan program tersebut untuk melakukan simulai debit air hujan. Hasil dari simulasi debit menggunakan software WinTR-55 dapat terlihat seperti pada gambar berikut:

TA_Arjo		Grey and Green Infrass					
		County,					
		Hydrograph Peak/Peak Time Table					
Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow (cms)	Peak Time (hr)	5-Yr (cms)	10-Yr (cms)	25-Yr (cms)	1-Yr (cms)	Return Period (hr)
SUBAREAS							
SUB DTA1	11.94	0.12	11.95	11.95	11.94	11.95	0.11
SUB DTA2	12.09	0.09	12.08	12.09	12.08	12.10	0.07
SUB DTA3	12.03	0.12	12.03	12.04	12.03	12.04	0.10
SUB DTA4	12.12	0.48	12.12	12.13	12.12	12.12	0.42
SUB DTA5	12.08	0.12	12.10	12.10	12.10	12.10	0.10
SUB DTA6	12.87	0.21	12.82	12.88	12.84	12.85	0.18

Gambar 9. Hasil Analisa Debit WinTR

3.3. Simulasi Beban Saluran Exsisting

Setelah mengetahui hasil simulasi dengan menggunakan software WinTR-55. Maka selanjutnya data tersebut dimasukkan ke dalam tabel anasisa beban saluran. Tabel analisa tersebut dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 8. Tabel Analisa Beban Saluran Eksisting Terhadap Curah Hujan

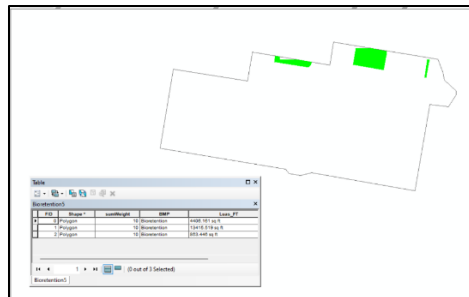
NO	URAIAN	SUB DTA 4		SUB DTA 6	
1	Elevasi Tinggi	10.86		9.14	
2	Elevasi Rendah	3.7		7.79	
3	Panjang Saluran	1691.1	m	1636.65	m
4	Slope	0.004	%	0.001	%
5	b (Lebar)	0.55	m	0.8	m
6	y (Tinggi)	0.35	m	0.65	m
7	n (Manning)	0.02		0.02	
8	A (Luas Penampang)	0.1925	m ²	0.52	m ²
9	P	1.25		2.1	

10	R (jari-jari Hidrolik)	0.154		0.247619	
11	V (Kecepatan)	0.934736	s	0.566259	s
12	Q (Debit) Saluran	0.179937	m ³ /s	0.294455	m ³ /s
13	Q Beban Saluran	0.82	m ³ /s	0.36	m ³ /s
14	Selisih	-0.64006		-0.06555	
15	Kesimpulan	TIDAK AMAN		TIDAK AMAN	

3. PENERAPAN LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID)

3.1. Simulasi Penerapan LID dengan BMP Siting Tool dan Upper Neuse Set

Dalam tabel tersebut masih terlihat bahwa terdapat saluran pada Sub DTA 4 dan Sub DTA 6 yang mengalami beban berlebih pada saat terjadi curah hujan yang tinggi. Sehingga perlu dilakukan analisa dengan penerapan LID (*Low Impact Development*) seperti penerapan *Bioretention*. Sebelum menerapkan analisa menggunakan WinTR-55, sebelumnya kita lakukan dulu analisa dari hasil penerapan BMP Siting Tool pada Software ArcGis. Dari hasil BMP Siting Tool kemudian dianalisa hasilnya menggunakan tabel perhitungan *Upper Neuse Set*. Gambar dan tabel tersebut dapat dilihat seperti berikut:



Gambar 10. Hasil Luasan Area Penerapan BMP Siting Tool

Gambar 11. Input Data pada Perhitungan Upper Neuse Set

Land Use Entry		Existing Land Use		Proposed Land Use	
		Area (ft ²)	% of Site	Area (ft ²)	% of Site
Pervious Areas					
Row Crops			0.0%		0.0%
Pasture			0.0%		0.0%
Forest			0.0%		0.0%
Wetland		39,256	5.8%	39,393	5.7%
Meadow			0.0%		0.0%
Lawn		70,268	10.4%	52,436	7.8%
Impervious Areas					
Residential & Light Industrial					
Rooftops		424,454	62.8%	424,454	62.8%
Driveways & Parking Lots		8,395	1.2%	8,395	1.2%
Other Impervious Area			0.0%		0.0%
Road		133,601	19.8%	133,601	19.8%
Sidewalk			0.0%		0.0%
Commercial & Heavy Industrial					
Rooftops			0.0%		0.0%
Parking Lots			0.0%		0.0%
Other Impervious Area			0.0%		0.0%
Road			0.0%		0.0%
Sidewalk			0.0%		0.0%
Storm Water Management Facilities					
Pond/Wetland Surface Area			0.0%		0.0%
Permeable Pavement			0.0%		0.0%
Green Roof			0.0%		0.0%
All Other BMPs (except Forested Buffer)			0.0%	18,685	2.8%
Site Totals:		675,964	100.0%	675,964	100.0%
Check Land Use Totals:		Equals Site Area		Equals Site Area	
Total Site Impervious Cover:			83.80%		83.80%

Gambar 12. Input Tata Guna Lahan pada Perhitungan Upper Neuse Set

Gambar 13. Input Tata Guna Lahan Masing-Masing Sub DTA

Gambar 14. Analisa Penerapan *Bioretention* pada Upper Neuse Set

Setelah penerapan LID (*Low Impact Development*) dan sudah dilakukan perhitungan menggunakan *Upper Neuse Set*, selanjutnya data tersebut di masukan ke dalam tabel penentuan CN terbobot kembali. Hasil pemasukan data kedalam tabel CN dapat terlihat pada tabel-tabel berikut ini.

Data dari tabel penentuan nilai CN terbobot kemudian dimasukan ke dalam simulai perhitungan menggunakan software WinTR-55. Perhitungan dengan software tersebut seperti pada gambar berikut ini.

Gambar 15. Input Data CN Terbobot Setelah Penerapan LID

TA_Arjo_AF Grey and Green Infrass						
County,						
Hydrograph Peak/Peak Time Table						
Sub-Area or Reach Identifier	Peak Flow 2-Yr (cms)	Peak Flow 5-Yr (cms)	Peak Time (hr) 10-Yr (cms)	Peak Time (hr) 25-Yr (cms)	Peak Time (hr) 1-Yr (cms)	Return Period
	(hr)	(hr)	(hr)	(hr)	(hr)	
SUBAREAS						
SUB DTA1	11.95	0.12	11.94	0.19	0.29	0.24
						11.95
SUB DTA2	12.09	0.09	12.09	0.19	0.21	0.27
						12.10
SUB DTA3	12.03	0.12	12.03	0.21	0.22	0.27
						12.04
SUB DTA4	12.12	0.48	12.12	0.75	0.79	0.95
						12.12
SUB DTA5	12.08	0.12	12.10	0.18	0.19	0.23
						12.10
SUB DTA6	12.87	0.21	12.82	0.32	0.34	0.41
						12.85

Gambar 16. Hasil Simulasi Perhitungan WinTR-55 Setelah LID

3.4. Simulasi Beban Saluran Exsisting Setelah Penerapan Teknologi LID

Setelah perhitungan selesai dilakukan dan simulasi terhadap curah hujan sudah diterapkan, selanjutnya data-data tersebut dimasukan untuk analisis dimensi saluran existing terhadap debit air setelah penerapan LID (*Low Impact Development*). Tabel analisis dimensi saluran tersebut dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini.

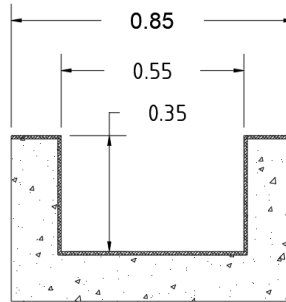
Tabel 9. Analisis Beban Saluran Setelah Penerapan LID

N O	URAIAN	SUB DTA 4		SUB DTA 6	
1	Elevasi Tinggi	10.86		9.14	
2	Elevasi Rendah	3.7		7.79	
3	Panjang Saluran	1691.1	m	1636.6	m
4	Slope	0.004	%	0.001	%
5	b (Lebar)	0.55	m	0.7	m
6	y (Tinggi)	0.35	m	0.65	m
7	n (Manning)	0.02		0.02	
8	A (Luas Penampang)	0.1925	m ²	0.455	m ²
9	P	1.25		2	
10	R (jari-jari Hidrolik)	0.154		0.2275	
11	V (Kecepatan)	0.934	s	0.535	s
12	Q (Debit) Saluran	0.1799	m ³ /s	0.2434	m ³ /s
13	Q Beban Saluran	0.79	m ³ /s	0.34	m ³ /s
14	Selisih	-0.610		-0.096	
15	Kesimpulan	TIDAK AMAN		TIDAK AMAN	
16	SARAN	PERUBAHAN DIMENSI SALURAN		PERUBAHAN DIMENSI SALURAN	

3.5. Perhitungan Saluran Eksisting Terhadap Saluran Ekonomis

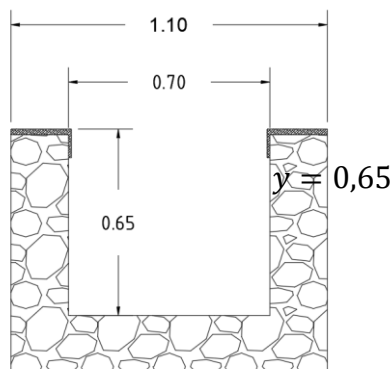
Pada Tabel 26 dimensi untuk saluran pada Sub DTA 4 dan Sub DTA 6 tidak mencukupi untuk Beban yang ditampung oleh saluran tersebut. Sehingga perlu dilakukan perencanaan dimensi saluran baru. Dikarenakan saluran eksisting berbentuk persegi, sehingga dalam perencanaan dimensi digunakan penampang saluran ekonomis dengan rumus $B=2y$.

- Perhitungan dimensi eksisting saluran pada sub DTA 4



Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa nilai b (lebar saluran) sebesar 0,55 m dan nilai y (tinggi saluran) sebesar 0,75 m. Dikarenakan nilai b dan y tidak sama maka saluran tersebut bukan termasuk katogori saluran ekonomis.

- b. Perhitungan dimensi eksisting saluran pada sub DTA 6



Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa nilai b (lebar saluran) sebesar 0,70 m dan nilai y (tinggi saluran) sebesar 1,25 m. Dikarenakan nilai b dan y tidak sama maka saluran tersebut bukan termasuk katogori saluran ekonomis.

4. HASIL DAN REKOMENDASI

4.1. Grey Infrastructure (Perubahan Dimensi Saluran)

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya bahwa terdapat saluran yang tidak mampu menahan beban curah hujan. Sehingga dapat diterapkan Grey Infrastructure dengan melakukan perubahan dimensi saluran pada Sub DTA 4 dan Sub DTA 6. Dimensi saluran tersebut direncanakan menggunakan jenis saluran ekonomis. Untuk beban yang diperhitungkan yaitu mengacu kepada debit curah hujan periode ulang 10 tahun.

Berikut perhitungan rencana dimensi saluran tipe ekonomis untuk Sub DTA 4.

Diketahui:

$$Qb = 0,79 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0,934736 \text{ s}$$

Perhitungan:

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{0,79}{0,934736} \text{ m}^2$$

$$A = 0,84516 \text{ m}^2$$

$$A = B \cdot y = 0,84516 \text{ m}^2$$

$$A = (2y) \cdot y = 0,84516 \text{ m}^2$$

$$(2y) \cdot y = 0,84516$$

$$2y^2 = 0,84516$$

$y = \sqrt{0,42258}$	$B = 2y$
$y = 0,6500 \text{ m}$	$B = 2 \cdot 0,650$
$y = 0,65 \text{ m}$	$B = 1,30 \text{ m}$
	$B = 1,30 \text{ m}$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dimensi saluran untuk sub DTA 4 direncanakan dengan ukuran $y = 0,65 \text{ m}$ dan $B = 1,30 \text{ m}$

Dan untuk saluran pada Sub DTA 6 dilakukan perhitungan rencana dimensi saluran tipe ekonomis, sebagai berikut:

Diketahui:

$$Qb = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0,535155 \text{ s}$$

Perhitungan:

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{0,34}{0,535155} \text{ m}^2$$

$$A = 0,635329 \text{ m}^2$$

$$A = B \cdot y = 0,635329 \text{ m}^2$$

$$A = (2y) \cdot y = 0,635329 \text{ m}^2$$

$$(2y) \cdot y = 0,635329$$

$$2y^2 = 0,635329$$

$$y^2 = 0,6325329/2$$

$y^2 = 0,317665$	$B = 2y$
$y = \sqrt{0,317665}$	$B = 2 \cdot 0,563$
$y = 0,563 \text{ m}$	$B = 1,12723$
$y = 0,60 \text{ m}$	$B = 1,20 \text{ m}$

Dari hasil perhitungan maka dimensi saluran untuk SUB DTA 6 direncanakan dengan ukuran $y = 0,60 \text{ m}$ dan $B = 1,20 \text{ m}$

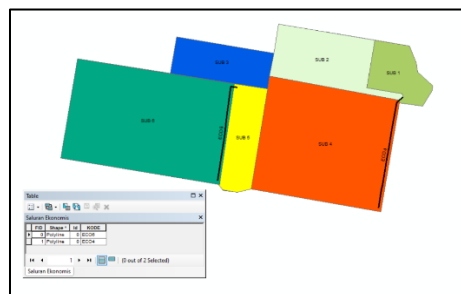
Pada saluran Sub DTA 4 dan Sub DTA 6 yang mengalami beban berlebih apabila terjadi hujan deras dan sudah dilakukan perhitungan rencana pembesaran saluran

berdasarkan debit hujan periode ulang 10 tahunan maka hasil perhitungan tersebut dimasukkan ke dalam tabel analisa perhitungan sebagai berikut:

Tabel 10. Analisis Beban Saluran setelah Perubahan Dimensi Saluran

NO	URAIAN	SUB DTA 4		SUB DTA 6	
1	Elevasi Tinggi	10.86		9.14	
2	Elevasi Rendah	3.7		7.79	
3	Panjang Saluran	1691.1	m	1636.65	m
4	Slope	0.004	%	0.001	%
5	b (Lebar)	1.30	m	1.20	m
6	y (Tinggi)	0.65	m	0.60	m
7	n (Manning)	0.02		0.02	
8	A (Luas Penampang)	0.845	m ²	0.72	m ²
9	P	2.6		2.4	
10	R (jari-jari Hidrolik)	0.325		0.3	
11	V (Kecepatan)	1.537	s	0.643	s
12	Q (Debit Saluran)	1.299	m ³ /s	0.463	m ³ /s
13	Q Beban Saluran	0.79	m ³ /s	0.34	m ³ /s
14	Selisih	0.509		0.123	
15	Kesimpulan	AMAN		AMAN	

Dari data tabel tersebut maka dapat disimpulkan bahwa saluran pada Sub DTA 1, Sub DTA 2, sub DTA 3, dan sub DTA 5 tidak mengalami perubahan dimensi dikarenakan masih mencukupi dalam menerima beban air hujan. Perubahan dimensi saluran diterapkan pada SUB DTA 4 dan SUB DTA 6, seperti terlihat pada gambar berikut:

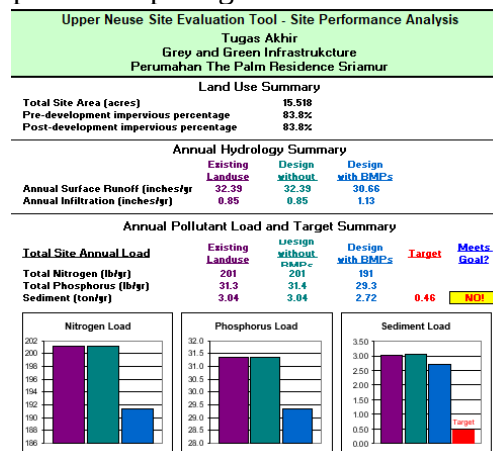


Gambar 17. Denah Perubahan Dimensi Saluran

4.2. Green Infrastruktur (Bioretention)

Selain rencana perubahan dimensi saluran eksisting menjadi dimensi saluran baru yang mengacu kepada dimensi saluran ekonomis. Penerapan *Green Infrastructure* dengan menggunakan teknologi LID (*Low Impact Development*) pada perumahan The Palm Residence Siamur juga memberikan dampak positif bagi lingkungan. Terutama lingkungan pada area perumahan The Palm Residence sriamur itu sendiri. Dampak Positif dari penerapan teknologi LID dengan system *Bioretention* yaitu akan menghasilkan perubahan kualitas air terutama pada wilayah perumahan The Palm Residence Siamur.

Hal ini di karenakan dengan penerapan Bioretention akan mengurangi nilai kandungan Nitrogen dan Fosfor, sehingga angka pencemaran air di wilayah Perumahan The Palm Residence juga akan menurun. Nilai hasil dari penerapan teknologi LID (*Low Impact Development*) tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 18. Hasil Analisa LID dengan Upper Neuse Set

Berdasarkan Hasil Analisa menggunakan Upper Neuse Set dapat dijelaskan bahwa terdapat 2 indentifikasi hasil yaitu mengenai hasil tata guna lahan (land use summary) dan hasil hidrologi dari penerarapan LID (*Low Impact Development*) sebagai berikut:

A. Hasil Tata Guna Lahan

1. Nilai Surface Runoff (laju aliran permukaan) mengalami penurunan dari sebelum penerapan BMPs sebesar 32,39 Inchi/tahun. Menjadi setelah penerapan BMPs menjadi 30,66 Inchi/tahun.
2. Nilai Infiltrasi (area resapan) mengalami kenaikan dari nilai 0,85 Inchi/tahun menjadi 1,13 Inchi/tahun.

Kedua hal tersebut sangat baik untuk antisipasi banjir dan genangan yang terjadi pada Perumahan The Palm Residence Siamur.

B. Hasil Hidrologi

1. Nilai Nitrogen sebelum penerapan Bioretensi sebesar 201 Lb/yr dan setelah penerapan turun menjadi 191 lb/yr.
2. Nilai Phosphorus sebelum penerapan Bioretensi sebesar 31,3 lb/yr dan setelah penerapan turun menjadi 29,3 lb/yr.

Kedua hal tersebut sangat baik untuk kesehatan kandungan air terutama di perumahan The Palm Residence Siamur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi serta analisa terhadap banjir atau genangan yang terjadi di perumahan The Palm Resedence Siamur dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Luapan dan genangan banjir di Perumahan The Palm Residence Siamur dikarenakan dimensi saluran pada Sub DTA 4 (lebar 0,55 cm dan tinggi 0,35 cm) serta Sub DTA 6 (lebar 0,70 cm dan tinggi 0,65 cm) tidak mampu menampung debit air pada saat hujan deras.

2. System perencanaan drainase yang baik dan diterapkan pada Perumahan The Palm Residence yaitu dengan merubah dimensi saluran agar mampu menampung curah hujan yang ada.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah di dapatkan dari hasil analisa dan simulasi terdapat beberapa saran yang diterapkan, seperti:

1. Perlunya dilakukan perubahan dimensi saluran terutama pada wilayah Sub DTA 4 dan Sub DTA 6 yang mengalami genangan pada saat hujan.

Penampang	SUB DTA 4		SUB DTA 6	
	Semula	Menjadi	Semula	Menjadi
Lebar Saluran	0,55	1,30	0,70	1,20
Tinggi Saluran	0,35	0,65	0,65	0,60

2. Dimensi saluran yang diterapkan harus menggunakan tipe desain saluran ekonomis.
3. Untuk mengurangi resiko banjir dan pencemaran polusi air, perlu diterapkan *Green Infrastructur* seperti penerapan bioretensi pada area terbuka pada Sub DTA 1, SUB DTA 2 dan Sub DTA 3.

DAFTAR RUJUKAN

- Primanda Kiky Widyaputra, 2020, *Penerapan Infrastruktur Hijau Di Berbagai Negara*, Widina Bhakti Persada, Bandung.
- Kartini Halief, Ratih Dwi Prasetya Ningsih, Nuryanto, 2011, *Pengembangan Teknik Bioretention Dalam Mengatasi Limpasan Air Hujan*, Universitas Gunadharma, Depok.
- Larry Hogan, Boyd K. Rutherford, Ben Grumbles, Horacio Tablada, 2018, *Stormwater Design Guidance-Green Roofs*, Maryland Department of The Environment, Washington
- P. Nugroho Rahardjo, 2014, *7 Penyebab Banjir di Wilayah Perkotaan yang Padat Penduduknya*, JAI Vol. 7 No.2, Pusat Teknologi Lingkungan.
- Virgo Trisep Haris, Alfian Saleh dan Muthia Anggraini, 2016, *Perencanaan Dimensi Ekonomis Saluran Primer Daerah Irigasi di Bunga Raya*, Vol. 2 No.1, Jurnal Teknik Sipil, Pekanbaru.
- Chow, Ven Te (1997) *Hidrolika Saluran Terbuka (OpenChannel Hydraulics)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- ESRI, 2011, *Hydrology Tools*, Redlands, CA, USA.
- Basuki, Iis Winarsih, dan Noor Laily Ardyani, 2009, Analisis Periode Ulang hujan Maksimum Dengan Berbagai Metode, *Jurnal Agromet* 23 (2): 76-92.
- Raharjo, B., Ikhsan, M, 2015. "Belajar ArcGIS Desktop 10: ArcGIS 10.2/10.3." Banjarbaru: Geosiana Press.
- Daniel, M, 2005. "SRTM DEM Suitability in Runoff Studies" International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherland
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2011 tentang *Drainase Perkotaan*
- Wesli, 2008, *Drainase Perkotaan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 2014 'Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014', Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, pp. 208–331.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. Buku Jilid IA Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan.
- Kementerian pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016, *Perhitungan Saluran dan Drainase*, Modul 07, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.

-
- B. Wicaksono, P. T. Juwono, D. Sisinggih, 2018, “Analisa Kinerja Sistem Drainase Terhadap Penanggulangan Banjir dan Genangan Berbasis Konservasi Air Di Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro,” *Jurnal Teknik Pengairan*, vol 9(2) pp. 70-81.
- GIS Konsorium Aceh Nias, 2007, *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*, Staf pemerintah Kota Banda Aceh: Aceh
- Agus Karsa Yudha, Aleksander Purba, dan Ratna Widyawati, 2022, Delineasi Batas Daerah Aliran Sungai Irigasi Rawa Lebak Semendani Sumatera Selatan, *Prosiding SINTA (4)*.
- Yang Ratri Savitri, 2017, Penerapan *Low Impact Development (LID)* Untuk Meninimalisir Genangan, *Jurnal Teknik Hidroteknik* Vol. 1 No. 1, ISSN: 2477-3212
- Yanita Hanastasia S dan Arief Sudradjat, 2016, Kajian Awal Penetapan Teknologi *Low Impact Development / Green Infrastructure* pada pengelolaan limpasan hujan menggunakan system informasi geografi (studi kasus: DAS Citarum hulu bukan kota)
- Susi Armayanti, Yulisa Fitrianiingsih, dan Agus Ruliyansyah, Analisis Kebutuhan Vegetasi di Perumahan BERdasarkan Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca (CO_{2eq}) dari Aktivitas Perumahan di Kota Pontianak, Universitas Tanjung Pura, Pontianak