
Analisis Kapasitas Drainase Perumahan Pesona Citra Cemerlang 2 Kota Tarakan Menggunakan EPA SWMM 5.1

Rahmat Faizal

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan
E-mail: ¹rahmatfaizal@borneo.ac.id

Abstract

SWMM is a rain-runoff simulation model that is used to simulate the quantity and quality of runoff from urban areas. Based on the evaluation using SWMM software at Pesona Citra Cemerlang 2 Housing, it was found that the drainage system in the long sections JU29-O5, JU4-O8 and JU5-O8 could not accommodate rainwater runoff. This is influenced by the dimensions of the drainage channel which cannot accommodate the existing water runoff and thick sediment deposits that cover the drainage channel so that the capacity is reduced, consequently if it rains it will cause puddles of water at several points in Tarakan City. So to overcome the puddle, it is necessary to change the dimensions of the channel and routinely dredge the sediment deposits that cover the drainage channel.

Keywords: SWMM, Drainage, Evaluation, Sediment.

Abstrak

SWMM merupakan model simulasi hujan-aliran (rainfall-runoff) yang digunakan untuk mensimulasikan kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan. Berdasarkan evaluasi menggunakan software SWMM di Perumahan Pesona Citra Cemerlang 2 diperoleh sistem drainase pada long section JU29-O5, JU4-O8 dan JU5-O8 tidak dapat menampung limpasan air hujan, Hal ini dipengaruhi oleh dimensi saluran drainase yang tidak dapat menampung limpasan air yang ada serta tebalnya endapan sedimen yang menutupi saluran drainase sehingga daya tampung berkurang, akibatnya jika terjadi hujan maka akan menimbulkan genangan air di beberapa titik di Kota Tarakan. Sehingga untuk mengatasi genangan air tersebut perlu dilakukan perubahan dimensi saluran dan rutin melakukan pengerukan endapan sedimen yang menutupi saluran drainase.

Kata kunci: SWMM, Drainase, Evaluasi, Sedimen

1. Pendahuluan

Hampir setiap tahun Kota Tarakan mengalami permasalahan mengenai genangan air pada saat musim hujan, khususnya di daerah kecamatan tarakan barat yang merupakan pusat kota tarakan. Genangan ini bukan hanya merendam pemukiman dan perkantoran tetapi juga pertokoan dan akses jalan yang menimbulkan kerugian ekonomi yang cukup besar.

Tarakan barat memiliki kondisi topografi yang landai dengan kondisi lahan yang kritis akibat dari perubahan tata guna lahan yang berubah menjadi daerah pemukiman dan pertokoan yang padat. Bertambahnya kawasan hunian berikut fasilitasnya menyebabkan pemanfaatan lahan yang semula terbuka dan bersifat lolos air yang berfungsi sebagai daerah resapan, berubah menjadi kawasan tertutup perkerasan dan bersifat kedap air, sehingga mengurangi fungsinya sebagai daerah resapan.

Pada saat musim hujan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Dalam kondisi normal seharusnya air hujan sebagian besar masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya dialirkan, dan ada yang menguap. Permasalahan muncul ketika air tersebut tidak masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan tidak ada sistem pembuangan yang baik, sehingga akan menjadi limpasan di permukaan tanah, hal itu menyebabkan genangan yang dalam kapasitas lebih besar. Maka, untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya suatu sistem untuk mengatur pembuangan kelebihan air yang tidak meresap ke dalam tanah, yang kita kenal dengan sebutan Sistem Drainase.

Perumahan pesona citra cemerlang 2 merupakan salah satu perumahan yang masih terbilang baru namun belum memiliki sistem drainase yang baik. Hal ini dibuktikan dengan adanya beberapa genangan yang kerap melanda perumahan tersebut disaat hujan turun. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi sistem drainase diperumahan tersebut, sehingga masalah genangan air dapat terselesaikan dan memberikan kenyamanan bagi warga di lokasi tersebut.

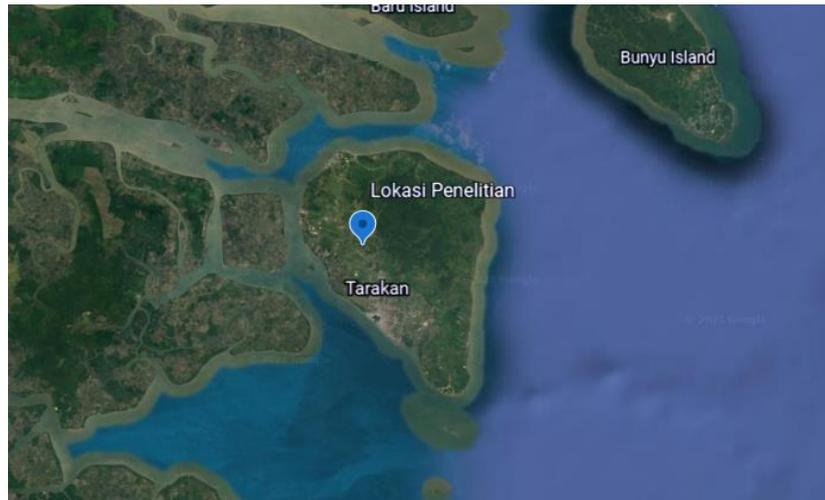
Sistem penanggulangan genangan air yang cepat dan tepat hendaknya segera dirancang untuk mengantisipasi banjir yang sering mengancam. Sebuah model yang telah dikembangkan dan digunakan di Amerika mungkin dapat menjadi salah satu solusi pemecahan masalah yang terjadi. *Storm Water Management Model* (SWMM) merupakan model yang mampu untuk menganalisa permasalahan kuantitas dan kualitas air yang berkaitan dengan limpasan daerah perkotaan. *Storm Water Management* dikembangkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency – US*). SWMM tergolong model hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang menerus atau kejadian banjir sesaat. Model ini paling banyak dikembangkan untuk simulasi proses hidrologi dan hidrolika di wilayah perkotaan. SWMM telah diaplikasikan secara luas untuk pemodelan kuantitas dan kualitas air di wilayah perkotaan Amerika Serikat, Kanada, Eropa dan Australia. Model ini telah digunakan untuk analisa hidrolika yang kompleks dalam masalah saluran pembuangan, manajemen jaringan drainase Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya (Rossman, Lewis A, 2010). Hal ini menjadikan program SWMM dapat secara akurat memberikan hasil simulasi relatif sama dengan keadaan di lapangan. Dengan berbagai keunggulan dan belum banyak dikembangkan di Indonesia maka penulis memilih program SWMM untuk digunakan dalam evaluasi Sistem Drainase dalam Mencegah Genangan Air di Kota Tarakan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Perumahan Pesona Citra Cemerlang 2 Yang terletak di Kelurahan Karang Harapan, Kecamatan tarakan barat, Kota Tarakan Kalimantan Utara. Pemilihan lokasi ini dilakukan karena adanya beberapa genangan yang terjadi ketika terjadi Hujan.

3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu data sekunder dan primer, pengumpulan sekunder berupa data curah hujan harian, data elevasi dan pola aliran, data tata guna lahan yang diperoleh dari beberapa instansi maupun dari internet. Adapun data primer berupa dimensi dan panjang saluran drainase yang diperoleh dari lokasi penelitian.



Sumber: Google Map (22 April 2021)

Gambar 3.1. Peta lokasi penelitian

3.2. Analisis data

3.2.1. Periode Ulang dan Analisis Frekuensi

Hujan rancangan dihitung dengan periode ulang tertentu yang diperoleh dari analisis frekuensi. Periode ulang merupakan waktu dimana hujan dengan besaran waktu tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tertentu (Bambang Triatmojo, 2009). Tujuan analisis frekuensi mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi (Suripin, 2004).

Ada 4 metode yang digunakan dalam analisis frekuensi yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III (Bambang Triatmojo, 2004). Parameter statistik dasar yang digunakan adalah nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (sd), Koefisien *Skewness* (C_s), Koefisien Variasi (C_v) dan Koefisien Kurtosis (C_k). Menurut Rohmat (2009), metode *Green Ampt* merupakan fungsi dari parameter hidraulik tanah, yaitu permeabilitas, *suction head*, dan kelembaban tanah. Parameter-parameter tersebut mempunyai hubungan erat dengan karakteristik fisik tanah.

3.2.2. Uji Keselarasan Distribusi

Untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada yaitu dengan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Triatmojo, 2009) sebagai berikut:

a. Uji Chi-Kuadrat

Metode uji kesesuaian chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji Chi-Kuadrat menggunakan parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_i} \quad 1$$

Keterangan:

X^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

N = Jumlah Sub Kelompok dalam satu grup

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelas

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Dikenal dengan uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Dari gambar dapat diketahui jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai Δ_{kritis} , maka jenis distribusi yang dipilih dapat digunakan.

3.2.3. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air per-satuan waktu. Sifat umum intensitas hujan adalah makin singkat hujan berlangsung maka intensitasnya makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi intensitasnya (M. Rizal Z dkk, 2016). Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian dilakukan dengan metode Mononobe. Persamaan ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

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

Keterangan Rumus :

I = intensitas hujan (mm/jam),

R_{24} = tinggi hujan maksimum harian (mm),

t = durasi hujan (jam)

3.2.4. Model SWMM

a. Pembagian *subcatchment*

Langkah awal dalam penggunaan SWMM adalah pembagian subcatchment pada area penelitian. Pembagian tersebut sesuai dengan daerah tangkapan air (DTA) yang ditentukan berdasarkan pada elevasi lahan dan pergerakan limpasan ketika terjadi hujan.

b. Pembuatan Model Jaringan

Pembuatan model jaringan dilakukan berdasarkan sistem jaringan drainase yang ada di lapangan. Model jaringan ini terdiri dari subcatchment, node junction, conduit, outfall node, dan raingauge. Setelah model jaringan selanjutnya dimasukkan semua nilai parameter yang dibutuhkan untuk semua properti tersebut.

c. Simulasi Respon Aliran pada Time Series

Simulasi respon aliran pada time series dilakukan untuk melihat respon debit aliran terhadap waktu berdasarkan sebaran curah hujan. Nilai yang dimasukkan adalah nilai sebaran curah hujan terhadap waktu dengan total nilai sesuai dengan curah hujan rancangan hasil dari analisis hidrologi.

d. Simulasi model

Simulasi ini dilakukan setelah model jaringan drainase dan semua parameter berhasil dimasukkan. Simulasi dapat dikatakan berhasil jika continuity error < 10 %. Dalam simulasi

SWMM besarnya debit banjir dihitung dengan cara memodelkan suatu sistem drainase. Aliran permukaan (Q) terjadi jika air yang ada di dalam tanah mencapai maksimum dan tanah menjadi jenuh. Menurut Rossman (2009), nilai Q dapat dihitung dengan persamaan (4). Selanjutnya limpasan yang terjadi (Q) akan mengalir melalui conduit atau saluran yang ada.

$$Q = W 1/n (d - dp)^{2/3} S^{1/2} \quad 2$$

Keterangan :

Q = debit aliran yang terjadi (m³ /det)

W = lebar subcatchment (m)

n = koefisien kekasaran Manning

d = kedalaman air (m)

dp = kedalaman air tanah (m)

S = kemiringan subcatchment

e. Output SWMM

Output dari simulasi ini antara lain runoff quantity continuity, flow routing continuity, highest flow instability indexes, routing time step, subcatchment runoff, node depth, node inflow, node surcharge, node flooding, outfall loading, link flow, dan conduit surcharge yang disajikan dalam laporan statistik simulasi rancangan.

f. Visualiasi hasil

Visualisasi hasil yang ditampilkan berupa jaringan saluran drainase hasil output dari simulasi, profil aliran dari beberapa saluran utama dan yang diketahui tergenang, dan grafik aliran yang terjadi pada saluran.melalui conduit atau saluran yang ada.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Hidrologi

Pada penelitian ini menggunakan data curah hujan jangka pendek harian 10 tahun terakhir yang diperoleh dari stasiun BMKG Kota Tarakan pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2020, data curah hujan ini yang dijadikan dasar dalam melakukan Perhitungan intensitas curah hujan. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Harian tahun 2009-2018

Tahun	Curah Hujan (mm)	Tahun	Curah Hujan (mm)
2009	100,3	2014	117,4
2010	137,9	2015	103,6
2011	114,6	2016	137,0
2012	137,5	2017	133,6
2013	117,4	2018	331,3

3.1.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Dalam analisi frekuensi diperlukan data-data statistik dasar sebagai syarat dalam menentukan jenis distribusi yang akan digunakan. Berdasarkan data curah hujan yang ada diperoleh statistik dasar yang dapat dilihat pada tabel 3.2

Setelah diperoleh data-data perhitungan statisti dasar berupa nilai rata-rata (\bar{x}), Standar deviasi (SD), koefisien variasi (Cv), koefisien skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck) langkah selanjutnya

adalah dengan menentukan distribusi yang akan digunakan. Distribusi yang sering digunakan dalam melakukan analisis frekuensi hujan adalah distribusi Normal, distribusi Log-normal, distribusi gumbel, dan distribusi log pearson III. Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dasar dengan menghitung parameter-parameter pada tabel 3.2 kemudian dibandingkan dengan syarat masing-masing jenis distribusi yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.3.

3.2. Tabel parameter statistik data curah hujan

Parameter Statistik	Hasil
Nilai Rerata (x)	143,06
Standar deviasi (Sd)	67,60
Koefisien skewnes (Cs)	2,910
Koefisien kurtosis (Ck)	8,858
Koefisien variasi (Cv)	0,473
Nilai Tengah	125,5

3.3. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Dasar untuk Penentuan Pola Distribusi Hujan

No	Distribusi	Data	Persyaratan	Hasil Hitungan	Ket
1	Normal	$Cv = 0,473$	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	2,910 8,858	Kurang Kurang
2	Log Normal		$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6$ $Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	1,523 7,390	Kurang Kurang
3	Gumbel		$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	2,910 8,858	Kurang Kurang
4	Log Pearson III		$Cs \neq 0$ $Cv \approx 0,3$	2,910 0,473	Mendekati Mendekati

Pada tabel 3.3 diperoleh bahwa parameter statistik dari perbandingan untuk distribusi Normal, Log Normal dan distribusi Gumbel tidak ada yang mendekati persyaratan. Sedangkan, Namun untuk distribusi Log Pearson III dengan persyaratan $Cs \neq 0$ dimana nilai Cs sebesar 2,910. Setelah dibandingkan nilai Cs tidak menekati dengan 0, hal ini sesuai dengan persyaratan. Sedangkan untuk persyaratan kedua yaitu $Cv \approx 0$ didapatkan bahwa nilai Cv sebesar 0,473 dan nilai tersebut mendekati 0,3. Maka dari kedua persyaratan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa pola distribusi hujan yang digunakan adalah distribusi Log Person III.

Pengujian distribusi hujan dengan menggunakan distribusi Log-Person III diperoleh koefisien skewness (Cs) 2,456 sehingga nilai K dapat diperoleh dengan menggunakan tabel persamaan Log Pearson III Per 5 Tahun dengan nilai 0,518. Sehingga dapat diperoleh hujan rancangan distribusi log-pearson III yang dapat dilihat pada Tabel 3.4

Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (2014) mengenai Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan. Dalam menentukan periode kala ulang curah hujan berdasarkan tipologi kota ,dimana kota Tarakan merupakan kota sedang dengan tangkapan air lebih lebih dari 500 Ha, dengan demikian periode kala ulang yang digunakan dalam merencanakan drainase adalah kala ulang 5-10 tahun.

Tabel 3.4 Perhitungan hujan rancangan distribusi log-pearson III

T (tahun)	K	LOG XT (mm)	XT (mm)
2	-0,36	2,075	118,759
5	0,518	2,204	159,852
10	1,25	2,311	204,791
25	2,262	2,460	288,442
50	3,048	2,576	376,347

3.1.2 Analisis Intensitas Hujan

Untuk analisis intensitas hujan diperlukan distribusi intensitas hujan selama 360 menit. Dengan durasi mulai dari 5 menit sampai 360 menit dan dengan periode ulang 1 tahun sampai 20 tahun. Tabel distribusi intensitas hujan dapat dilihat pada tabel 3.5

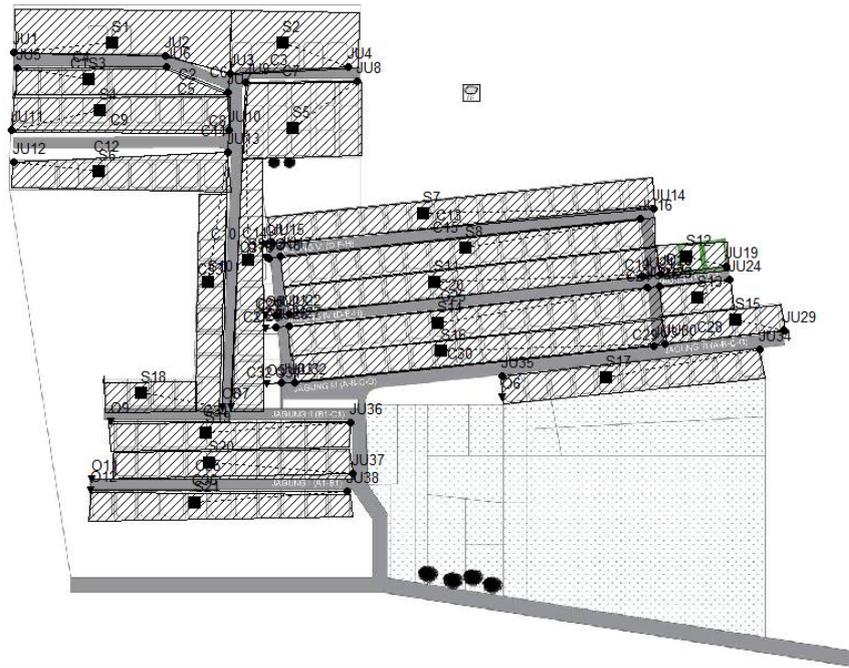
Tabel 3.5. Distribusi intensitas Hujan

T (Jam)	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
0,08	221,75	298,48	382,40	538,60	702,74
0,17	134,16	180,58	231,35	325,85	425,16
0,25	103,74	139,65	178,90	251,98	328,77
0,5	65,36	87,97	112,70	158,74	207,112
0,75	49,88	67,13	86,01	121,14	158,06
1	41,17	55,42	70,99	99,99	130,47
2	25,94	34,91	44,73	62,99	82,19
3	19,79	26,64	34,13	48,07	62,73
4	16,34	21,99	28,18	39,68	51,78
5	14,08	18,95	24,28	34,20	44,62
6	12,46	16,78	21,50	30,28	39,51

Pada tabel 4.5 terlihat semakin singkat hujan yang berlangsung maka semakin tinggi pula intensitas hujan yang terjadi, begitupun sebaliknya semakin lama hujan berlangsung maka semakin rendah pula intensitas hujan yang terjadi, data hujan ini akan dijadikan sebagai inputan pada *software Storm Water Management Model (SWMM)* yang digunakan dalam mengevaluasi sistem drainase yang ada.

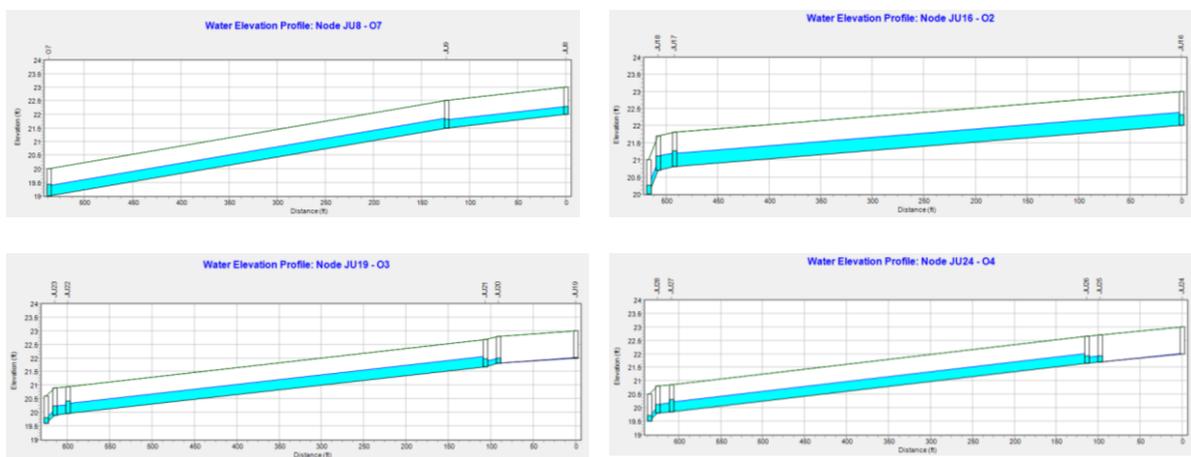
3.2. Analisis Drainase Dengan EPA SWMM 5.1

Dalam melakukan analisis drainase dilakukan menggunakan software EPA SWMM 5.1 dengan membagi *subcatcment area* menjadi 15 *subcatcment*, 16 *Junction*, 5 *outfall*, dan 16 *conduit*.



Gambar 3.1. Sistem jaringan drainase Perumahan Citra Cemerlang 2 Kota Tarakan

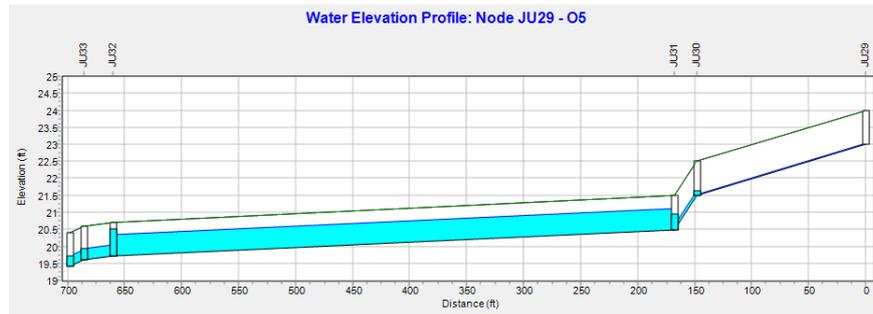
Berdasarkan evaluasi dengan EPA SWMM 5. Saluran drainase di perumahan cemerlang 2 masih dapat menampung limpasan air yang ada seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Long section kala ulang 5 tahun

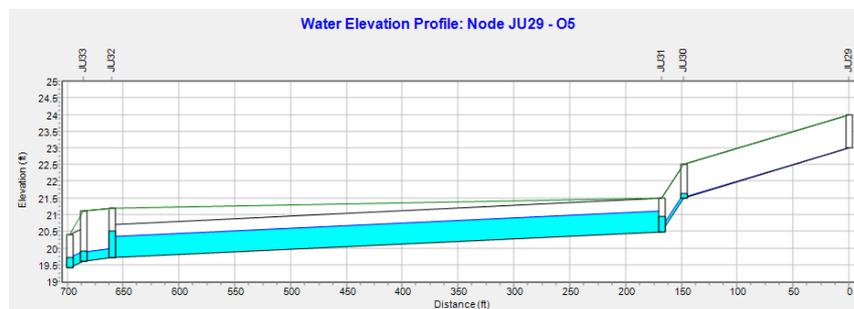
Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2 diatas *Long Section* kala ulang 5 tahun yang berada pada blok Jagung IV dan Jagung VI masih dapat menampung limpasan air permukaan yang mengalir.

Pada Gambar 3.3. Menunjukkan sistem drainase yang berada di Blok Jagung III Terlihat menunjukkan adanya limpasan yang terjadi pada saluran dikarenakan kapasitas saluran circular tidak dapat menampung debit air hujan, hal ini ini disebabkan karena dimensi saluran yang kecil dan juga diperparah dengan ketebalan sedimen yang menutupi disepanjang saluran. Sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi saluran terutama pada saluran circular yang memotong jalan.



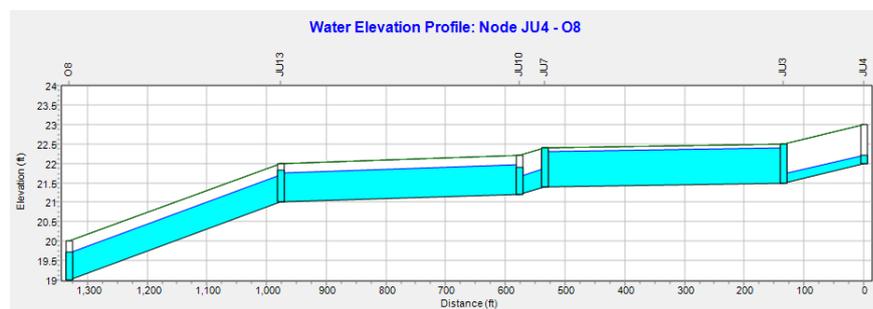
Gambar 3.3. Long section JU29-O5 kala ulang 5 tahun

Pada gambar 3.4 terlihat bahwa setelah dilakukan perubahan dimensi saluran dapat menampung limpasan air yang ada. Perubahan dimensi dapat dilakukan dengan melakukan penambahan diameter saluran circular dimana sebelumnya hanya 30 cm menjadi 46 cm



Gambar 3.4. Long section JU29-O5 kala ulang 5 tahun Setelah Perubahan Dimensi

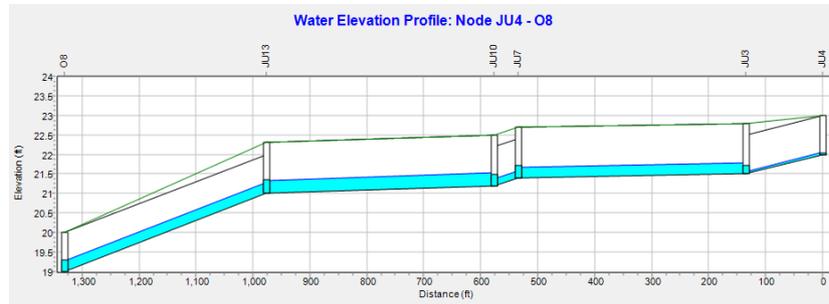
Gambar 3.5 dibawah ini adalah *Long Section Node* dari JU4 Sampai dengan O8 Terlihat adanya limpasan diantara pada titik JU3 dan JU7 hal ini dikarenakan dilokasi tersebut merupakan persimpangan jalan sehingga limpasan air menumpuk dan memperlambat air untuk mengalir, selain itu juga dipengaruhi kondisi topografi yang landai serta penumpukan sedimen sehingga Genangan air sering terjadi di lokasi ini Saat Hujan.



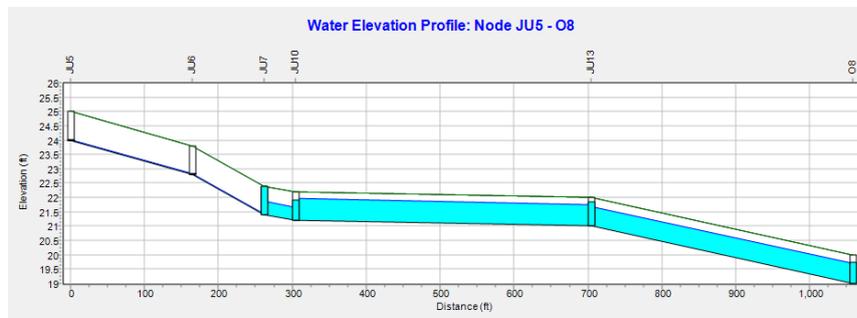
Gambar 3.5. Long section JU4-O8 kala ulang 5 tahun

Pada Gambar 3.6 adalah profil Long section JU4- O8 kala ulang 5 tahun setelah perubahan dimensi, perubahan dimensi dilakukan pada conduit 6 atau saluran yang menghubungkan junction 3 dan junction 4 dan juga conduit 11 yang keduanya merupakan saluran circular dengan merubah

dimensi yang sebelumnya 30 cm menjadi 40 cm sehingga air limpasan dapat mengalir ke Outfall dengan lancar.

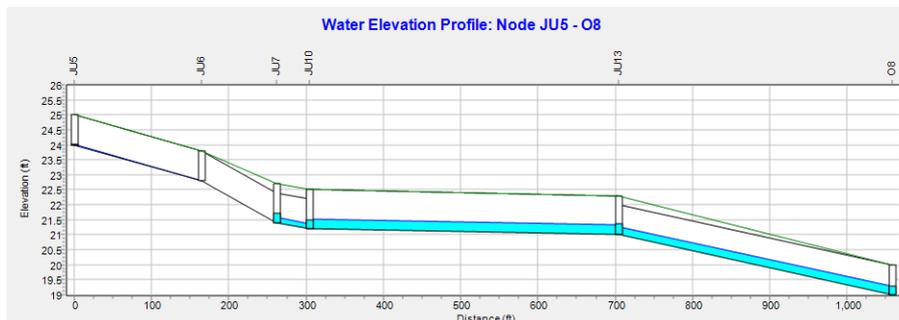


Gambar 3.6. Long section JU4-O8 kala ulang 5 tahun Setelah Perubahan Dimensi



Gambar 3.7. Long section JU5-O8 kala ulang 5 tahun

Gambar 3.8 merupakan profil long section JU5-O8 setelah dilakukan perbaikan dimensi dimana adanya perubahan dimensi pada conduit 11 yang menghubungkan titik 10 dan titik 13 yang sebelumnya 30 cm kemudian ditambah menjadi 40 cm, tentunya dengan adanya penambahan ini memberikan ruang bagi air untuk mengalir.



Gambar 3.8. Long section JU5-O8 kala ulang 5 tahun Setelah Perubahan Dimensi

4. Kesimpulan

Sistem drainase di Perumahan Pesona Citra Cemerlang 2 secara garis besar cukup baik dalam menampung limpasan air hujan yang ada, akan tetapi ada beberapa saluran perlu diperhatikan

Seperti pada long section JU29-O5, JU4-O8 dan JU5-O8 hal ini diarenakan dimensi saluran dan tebalnya endapan sedimen yang menutupi drainase menyebabkan daya tampung drainase berkurang akibatnya jika terjadi hujan maka akan menimbulkan genangan air di beberapa titik sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi dan melakukan pengerukan endapan sedimen yang menutupi saluran drainase secara rutin oleh masyarakat.

5. Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Google earth. <http://earth.google.com> (diakses pada tanggal 22 April 2019)
- M Rizal Zarkani, Bambang Sujatmoko, dan Rinaldi. 2016. *Analisa Drainase Untuk Penanggulangan Banjir Menggunakan EPA SWMM (Studi Kasus: Perumahan Mutiara Witayu Kecamatan Rumbai Pekanbaru)*. Jurnal. Pekanbaru: Fakultas Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau.
- Rohmat, D. 2009. *Tipikal Kuantitas Infiltrasi Menurut Karakteristik Lahan (Kajian Empirik di DAS Cimanuk Bagian Hulu)*. Jurnal Forum Geografi Vol. 23 No. 1. Bandung (ID): Universitas Pendidikan Indonesia
- Rossman, Lewis A. 2009. *Storm Water Management Model Applications Manual*. Cincinnati : National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency
- Rossman, Lewis A. 2010. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati : National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.