

EVALUASI GENANGAN PUSAT PASAR MEDAN MENGGUNAKAN MODEL EPA SWM 5.1 (STORM WATER MODEL MANAGEMENT)

Dandi Crysofiyan Panggabean¹⁾, Yudha Hanova²⁾, Rahmat Dirgantara³⁾, Ricky Bakara⁴⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan

⁴⁾Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan,

Dandipanggabean1310@gmail.com; yudhahanova.88@gmail.com;

rahmatdunhar@gmail.com; rickybakara@polmed.ac.id

Abstrak

Genangan air yang terjadi saat hujan pada ruas jalan maupun yang memasuki bangunan di sekitar Pusat Pasar Medan mengganggu aktivitas masyarakat, memperburuk kelancaran lalu lintas, serta berpotensi merusak infrastruktur. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung debit banjir rencana, menentukan waktu konsentrasi daerah tangkapan air, serta mengevaluasi kinerja saluran drainase eksisting. Analisis hidrologi menggunakan metode distribusi Gumbel, Log Normal, Normal, dan Log Pearson Tipe III dengan uji kecocokan Chi-Kuadrat. Simulasi aliran dilakukan menggunakan perangkat lunak EPA SWMM 5.1. Hasil penelitian menunjukkan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun sebesar 0,093 m³/detik dengan waktu konsentrasi 6,9 menit (0,083 jam). Evaluasi kapasitas saluran memperlihatkan bahwa tidak semua segmen mampu menampung debit banjir rencana tersebut, sehingga genangan masih terjadi di beberapa titik lokasi penelitian.

Kata Kunci: Drainase, Genangan, EPA SWMM 5. Debit

I. PENDAHULUAN

Kawasan Pusat Pasar Medan merupakan salah satu pusat perbelanjaan sekaligus area permukiman yang masih menghadapi persoalan terkait sistem drainase yang tidak berfungsi optimal dan membutuhkan perbaikan segera. Ketika curah hujan tinggi terjadi, genangan air sering muncul di badan maupun bahu jalan, sehingga aliran drainase tersumbat dan aktivitas masyarakat terganggu. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu evaluasi terhadap permasalahan sistem drainase di wilayah studi, khususnya di sekitar Jalan Pusat Pasar Medan.

Evaluasi yang dilakukan diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pihak terkait dalam menentukan langkah penanganan yang tepat, sehingga tercipta lingkungan yang lebih nyaman bagi warga sekitar. Oleh karena itu, penulis terdorong untuk melakukan kajian evaluasi sistem drainase dengan memanfaatkan perangkat lunak EPA SWMM 5.1. EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*), yang dikembangkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, merupakan perangkat yang umum dipakai dalam perencanaan, analisis, dan perancangan sistem aliran air hujan serta drainase perkotaan. Model ini mampu mensimulasikan kejadian hujan baik yang bersifat tunggal maupun berulang dalam periode panjang, dengan penekanan pada pengelolaan volume limpasan serta kualitas air, khususnya di kawasan perkotaan.

Tujuan penelitian yang ingin dicapai Mengetahui penyebab genangan Pusat Pasar Medan, Menganalisis kapasitas dimensi saluran di Pusat Pasar Medan dan Menghitung debit maksimum dikawasan Pusat Pasar Medan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi

Lokasi Penelitian ini dilakukan di jalan pusat pasar Medan(3°35'17.912"N 98°41'11.109"E). Peninjauan Lokasi dimaksudkan untuk melihat kondisi saluran drainase dan permasalahan saluran drainasedi lokasi penelitian yang akan di analisa. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data sekunder merupakan data pendukung yang berfungsi melengkapi data primer. Informasi ini dapat diperoleh dari berbagai sumber yang relevan dengan penelitian, baik melalui studi literatur maupun instansi terkait. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi referensi dari buku dan karya ilmiah, data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir, serta data klimatologi yang diperoleh dari situs resmi BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan (X)
1	2012	100
2	2013	82,3
3	2014	112
4	2015	106,7
5	2016	101,5
6	2017	96,2
7	2018	160,1
8	2019	126,5
9	2020	130,9
10	2021	108
Jumlah		1124,2

(Sumber: hasil perhitungan)

Tabel 2 Data Curah Hujan Harian, 2012-2021

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	Des	Max (xi)
2012	53	29	70	54	56	27	50	46	71	100	43	44	100
2013	47,4	72,8	55,5	38,4	26,2	32,5	30,8	93,9	82,3	67,5	42,8	98	98
2014	5,2	14	51	35	65,5	32,5	64	64	49	78,1	63	112	112
2015	74,2	63,9	31,5	59,6	46	33	46,4	58,4	53	97,8	106,7	28,5	106,7
2016	65,5	98,5	101,5	44	62,8	48,8	46	47,5	158,5	72,5	60	61,8	158,5
2017	96,5	62,7	93,7	44,8	55	51,4	73,3	62,7	92,2	62,7	62,5	57	96,5
2018	91	13,2	19,4	64,3	26	54	160,1	33,2	102	150,8	29,5	70,8	160,1
2019	50,1	95,5	33,4	55,3	126,5	74,4	28,7	31,6	117,5	78,1	65,2	80,7	126,5
2020	51,5	23	55,6	84,4	130,9	95,1	63	47	76,4	73,5	54,9	88,7	130,9
2021	108,5	23,6	85,5	89,5	31,7	41	45	58,8	84,6	50,2	74,4	60,4	108,5

(Sumber: Stasiun BBMKG wilayah I Medan)

3.2 Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengamatan visual di area studi, termasuk kegiatan pengukuran dimensi saluran drainase secara langsung di lapangan.

Tabel 3. Ukuran Drainase Berdasarkan Pengukuran di Lapangan

Saluran	B	h	A
segmen 1	40	90	40
segmen 2	33	39	33
segmen 3	120	116	116
segmen 4	120	116	116
segmen 5	50	50	50
segmen 6	80	112	80
segmen 7	80	112	80
segmen 8	30	19	30
segmen 9	30	20	30
segmen 10	21	16	21
segmen 11	70	80	70
segmen 12	60	80	60
segmen 13	62	95	62
segmen 14	15	30	15
segmen 15	75	90	75
segmen 16	75	80	75

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hidrologi digunakan untuk memperkirakan besarnya debit air yang masuk pada periode kala ulang tertentu, umumnya 5 tahun atau 10 tahun, terutama di kawasan komersial.

1. Analisis Frekuensi

Metode distribusi yang digunakan dalam perhitungan ini meliputi distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.

2. Analisis Frekuensi Data Curah Hujan

Dalam analisis ini, parameter yang dihitung meliputi nilai rata-rata (mean), simpangan baku (standar deviasi), koefisien kemencengan (skewness), koefisien variasi, serta koefisien kurtosis.

a. Jumlah Data (n) = 10

b. Nilai Mean ($\bar{x}$) = $\frac{\sum x}{n} = \frac{1124}{10} = 112,4$ mm

c. Standar Deviasi (sd) = $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$
 $= \sqrt{\frac{4309,38}{10-1}} = 21,881$ mm

d. Koefisien Variasi (cv) = $\frac{s}{\bar{x}}$
 $= \frac{21,881}{112,4} = 0,194$ mm

e. Koefisien Skewness (cs) = $\frac{(x - \bar{x})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2)s^3}$
 $= \frac{-82413,093}{(9)(8)881^3} = -52311$ mm

f. Koefisien Kurtosis (ck) = $\frac{1/10 \sum (x - \bar{x})^4}{s^4}$
 $= \frac{1/10 \cdot 6255918,935}{21,881^4} = 2,7$ mm

4.1 Analisis Distribusi Frekuensi

Untuk perolehan analisis frekuensi curah hujan dengan distribusi frekuensi metode distribusi gumbel, log normal, log pearson III, dan normal pada kala (T) 2,5,10,25 dan 50 tahun, dijabarkan pada tabel berikut;

Tabel 4. Rekapitulasi Hujan Rencana Maksimum

No	Periode Ulang	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	Normal
1	2	109,461	110,644	106,417	112,42
2	5	135,583	129,345	126,415	130,84
3	10	152,879	140,343	141,821	140,47
4	25	174,731	1153,097	163,562	150,74
5	50	190,942	161,947	181,413	157,37

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Setelah didapatkan nilai hujan rencana pada distribusi gumbel, log normal, log pearson III, dan normal maka analisa selanjutnya adalah pengujian tiap-tiap metode distribusi yang mewakilkan distribusi selaku tujuan analisis hitungan berikutnya yakni *Chi-Kuadrat*.

4.2 Hasil Penelitian

Kesimpulan = nilai $\chi^2 < \chi^2$ kritis maka distribusi memenuhi syarat. Berdasarkan tabel 4.19 perolehan hitungan parameter *chi-kuadrat* untuk distribusi log normal yaitu 5,991 dengan derajat kebebasan (Dk) adalah 2 serta derajat kepercayaan 5% diperoleh dari parameter *chi-square* kritis = 7.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Uji <i>Chi-Square</i>				
No	Hasil Uji chi kuadrat	nilai X2	nilai x2 maksimal	Ket
1	Distribusi Gumbel	11	7	Tidak diterima
2	Distribusi Log Normal	3	7	Diterima
3	Distribusi Log pearson III	4	7	Diterima
4	Distribusi Normal	6	7	Diterima

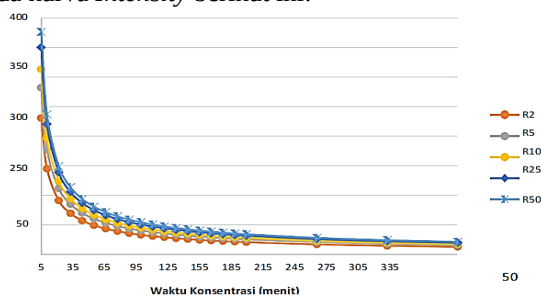
(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3 Analisa Debit Rencana

Sampel hitungan bagi jarak waktu (T) 5 menit = 0,083 dan kala ulang 2 tahun diperoleh intensitas hujan sebesar:

$$I = \left(\frac{109,4612}{24} \right) \cdot \left(\frac{24}{0,084} \right) = 201,591$$

Secara garis intensitas hujan dapat dilihat pada kurva *Intensity* berikut ini:



Gambar 2. Kurva *Intensity Duration Frequency* (Idf)

Perhitungan Waktu Konsentrasi (T_c)

$$\begin{aligned} T_c &= t_0 + t_d \\ t_0 &= \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}} \\ t_d &= \frac{Ls}{60v} \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Berdasarkan data yang diperoleh saat survey lapangan, didapat data saluran drainase pada kawasan pusat pasar medan sebagai berikut :

1. Segmen 1

Luas penampang saluran persegi dapat dihitung :

$$A = B \times h = 0,4 \times 0,9 = 0,36 \text{ m}^2$$

Keliling basah saluran bentuk persegi dapat dihitung :

$$\begin{aligned} P &= B + 2h \\ &= 0,4 + (2 \times 0,9) \\ &= 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka didapat jari jari hidrolis (R) dengan rumus :

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,36}{2,2} = 0,16$$

Berikut persamaan untuk menghitung laju aliran bagian dalam saluran (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{0,013} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,013} \cdot 0,164^{\frac{2}{3}} \cdot 0,002^{\frac{1}{2}} = 0,049 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

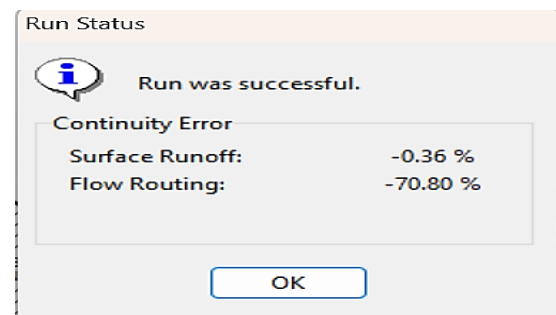
Maka debit saluran yang ada di segmen 1:

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A \\ &= 1,0292 \cdot 0,36 = 0,370 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

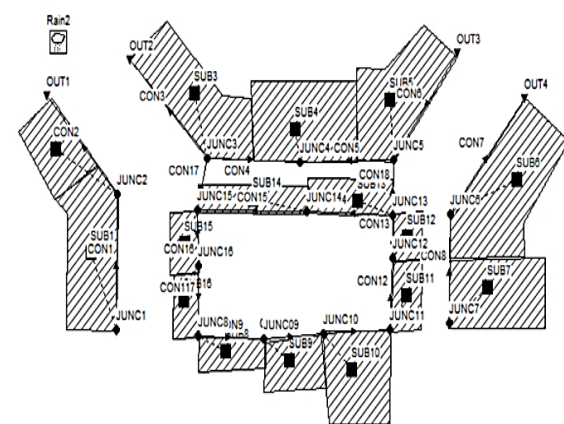
Menurut hasil perhitungan daya tampung debit saluran yang sudah ada dengan debit puncak banjir, dapat diketahui bahwa saluran 9, 10, 14 tidak dapat menampung debit puncak banjir sehingga air akan menggenangi dan membanjiri jalan kawasan pusat pasar medan.

4.5 Simulasi EPA SWMM 5.1

Simulasi telah berjalan dengan baik ditandai sehingga menampilkan jendela Run Status yang ditunjukkan seperti gambar berikut. Nilai Continuity Error pada limpasan (Surface run-off) dan penelusuran aliran (flow routing) senilai -0.36% serta -70.80% yang menunjukkan hasil simulasi sangat baik.



Gambar 3. Jendela Run Status
(Sumber: Hasil Simulasi)



Gambar 4. Saluran Hasil Simulasi
(Sumber: Hasil Simulasi)

4.6 Rangkuman Simulasi (Summary Results)

Summary results menampilkan informasi mengenai hasil simulasi sebagai berikut:

1. Pada kotak dialog Sub-catchment Run-off terlihat bahwa dari total hujan sebesar 96,08

mm selama 6 jam, tidak semua hujan tersebut menjadi limpasan permukaan. Sebagian hujan mengalami infiltrasi rata-rata 15,29 mm, sehingga menghasilkan limpasan efektif sebesar 80,6 mm.

- Volume limpasan total yang dihasilkan dari seluruh subcatchment bervariasi antara 0,01 hingga 0,26. Debit puncak (*peak runoff*) tertinggi terjadi di SUB4 sebesar 22,83 L/s, di ikuti SUB5 sebesar 21,18 L/s, dan SUB7 sebesar 14,84 L/s. hal ini menunjukkan bahwa area dengan luas tangkapan lebih besar serta koefisien limpasan tinggi cenderung menghasilkan debit limpasan lebih besar.

Tabel 5. Subscathment Run Off

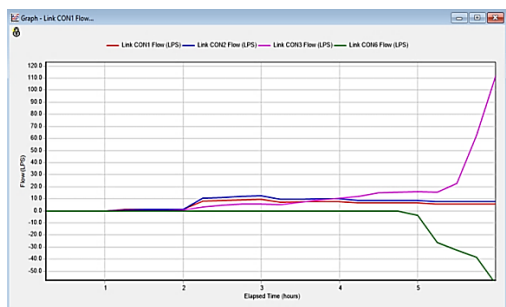
Subcatchment	Total Precip. mm	Total Runoff mm	Total Exp. mm	Total Infil. mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁻⁶ hr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
SUB1	96.00	0.00	0.00	15.29	80.65	0.11	9.47	0.839
SUB2	96.00	0.00	0.00	15.29	80.75	0.03	2.94	0.840
SUB3	96.00	0.00	0.00	15.29	80.66	0.10	8.97	0.839
SUB4	96.00	0.00	0.00	15.29	80.45	0.26	22.83	0.837
SUB5	96.00	0.00	0.00	15.29	80.47	0.24	21.18	0.838
SUB6	96.00	0.00	0.00	15.29	80.53	0.20	17.66	0.838
SUB7	96.00	0.00	0.00	15.29	80.57	0.17	14.84	0.839
SUB8	96.00	0.00	0.00	15.29	80.62	0.13	11.31	0.839
SUB9	96.00	0.00	0.00	15.29	80.77	0.01	0.71	0.841
SUB10	96.00	0.00	0.00	15.29	80.70	0.07	6.37	0.840
SUB11	96.00	0.00	0.00	15.29	80.71	0.06	5.24	0.840
SUB12	96.00	0.00	0.00	15.29	80.73	0.05	4.32	0.840
SUB13	96.00	0.00	0.00	15.29	80.73	0.04	3.89	0.840
SUB14	96.00	0.00	0.00	15.29	80.74	0.04	3.18	0.840
SUB15	96.00	0.00	0.00	15.29	80.67	0.09	8.13	0.840
SUB16	96.00	0.00	0.00	15.29	80.75	0.03	2.33	0.840

(Sumber: Hasil Simulasi)

Pada halaman *Node Depth* dapat diamati bahwa kedalaman air maksimum (*maximum depth*) menunjukkan bahwa beberapa node mengalami kondisi maximum HGL lebih tinggi dibandingkan maximum depth. Misalnya pada node JUN4, JUN5, dan JUN6. Kondisi ini menunjukkan adanya luapan air (*overflow*) sehingga berpotensi menimbulkan genangan. Sebaliknya node seperti JUN1 dan JUN2 masih berada di bawah kapasitas maksimum,

4.7 Hasil Simulasi Grafik

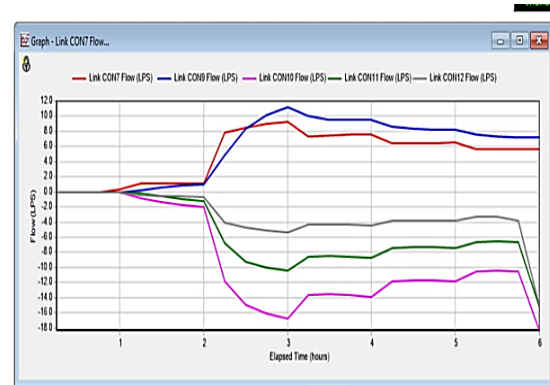
Penggunaan grafik sangat mempermudah user untuk mengetahui perolehan simulasi dari satu atau lebih objek secara keseluruhan selama waktu simulasi. Jika dilihat pada grafik dibawah setiap *Conduit* memiliki perbedaan kedalaman.



Gambar 5. Grafik Aliran pada Saluran CON1, CON2, CON3, CON6, CON8

Grafik di atas terlihat dalam semua saluran mencapai puncak link flow pada jam ke-5, dan yang

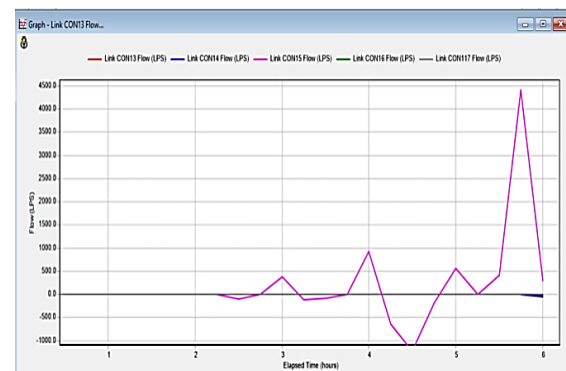
terbesar adalah conduit ke-3 (segmen 3) menjangkau daya tampung tertinggi saluran pada jam tersebut dan mengalami link flow yang sangat fluktuatif akan turun ke aliran normal di jam ke 6.



Gambar 6. Grafik Aliran pada Saluran CON7, CON9, CON10, CON11, CON12

(Sumber: Hasil Simulasi)

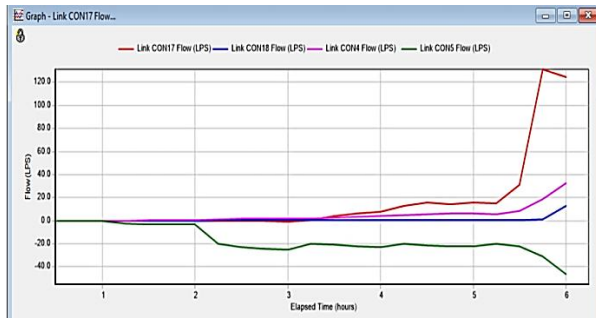
Grafik di atas menunjukkan dalam saluran CON9 dan CON7 mencapai puncak *link flow* pada jam ke-3 dan yang paling lama bertahan dibandingkan lainnya. Saluran CON9 dan CON7 mengalami puncak *link flow* pada jam ke-3 kemudian mengalami penurunan. Adapun saluran CON10, CON11, dan CON12, menunjukkan debit aliran yang relative kecil bahkan mendekati nol. Dari grafik menunjukkan yang terbesar adalah conduit ke-9 (segmen 9) menjangkau daya tampung tertinggi saluran pada jam tersebut dan mengalami *link flow* yang sangat fluktuatif akan turun ke aliran normal di jam ke-6



Gambar 7. Grafik Aliran pada Saluran CON13, CON14, CON15, CON16, CON17

(Sumber: Hasil Simulasi)

Grafik di atas terlihat seluruh saluran mencapai puncak *link flow* pada jam ke-1 dan ke-6, sedangkan CON15 mengalami link flow di jam ke-5, dari grafik terlihat yang terbesar adalah conduit ke-15 (segmen 15) menjangkau daya tampung tertinggi saluran pada jam tersebut dan mengalami *link flow* yang sangat fluktuatif akan turun ke aliran normal di jam ke 6.

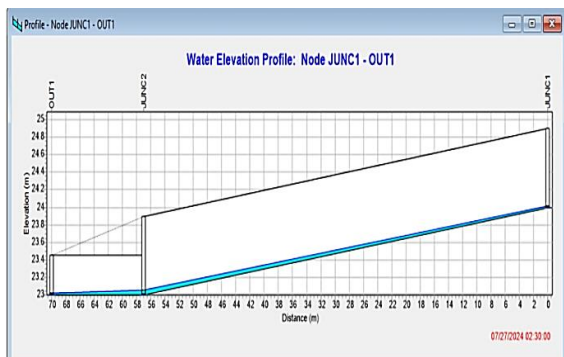


Gambar 8. Grafik Aliran pada Saluran CON17, CON14, CON18, CON4, CON5
(Sumber: Hasil Simulasi)

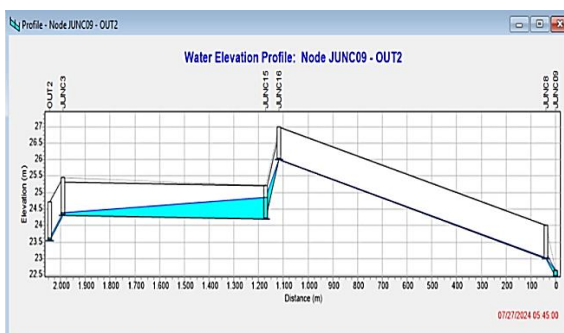
Grafik di atas terlihat seluruh saluran mencapai puncak *link flow* pada jam ke-5. Dari grafik terlihat yang terbesar adalah conduit ke-17 (segmen 17) menjangkau daya tampung tertinggi saluran pada jam tersebut dan mengalami *link flow* yang sangat fluktuatif akan turun ke aliran normal di jam ke 6

4.8 Hasil Simulasi dalam Profil Aliran

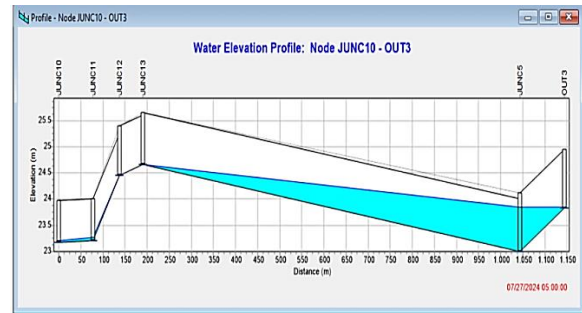
Perolehan simulasi saluran juga bisa diperlihatkan berupa profil aliran (*profil plot*) yang menampilkan pergantian laju aliran potongan memanjang saluran yang terlihat di gambar. 4.12 sampai gambar 4.17 telah terjadi luapan di beberapa junction/ saluran.



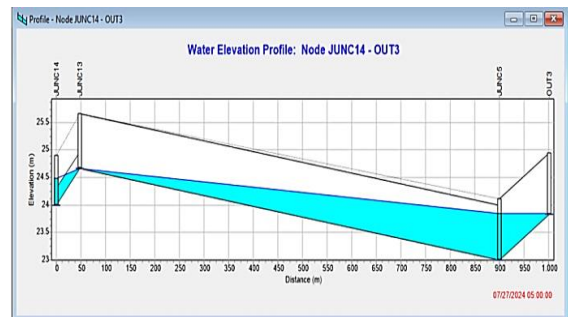
Gambar 9. Profil Aliran dari JUN1, JUN2 dan OUT1
Tidak mengalami peluapan



Gambar 10. Profil Aliran dari JUN9, JUN8, JUN15, JUN16, JUN3 dan OUT2
Pada selang waktu jam 02.15 JUN9 meluap dan JUN9 selang waktu jam 05:45 mengalami peluapan

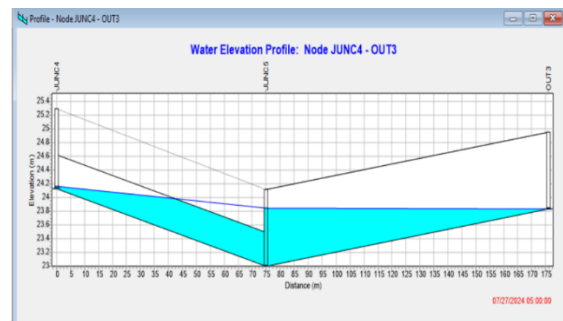


Gambar 11. Profil Aliran dari JUN10, JUN11, JUN12, JUN13, JUN5 dan OUT3
Tidak mengalami peluapan

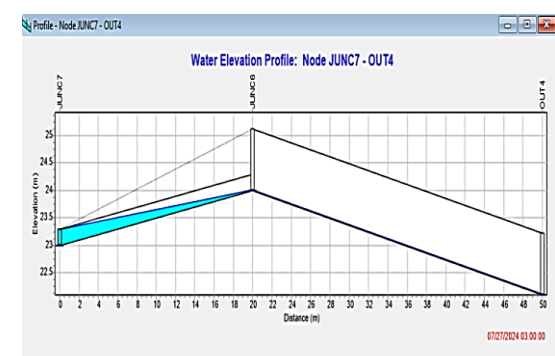


Gambar 12. Profil Aliran dari JUN14, JUN13, JUN5 dan OUT3

Pada selang waktu jam 04.45 JUN14 mengalami peluapan sangat tinggi



Gambar 13. Profil Aliran dari JUN4, JUN5 dan OUT3
Pada selang jam 05:45 mengalami peluapan sangat tinggi



Gambar 14. Profil Aliran dari JUN7, JUN6 dan OUT4
Pada selang waktu jam 02.00 JUN7 Mengalami peluapan

4.9 Hasil Simulasi Tabel

Hasil simulasi juga dapat ditampilkan menggunakan tabel jenis laporan. Dalam bentuk tabel dapat ditampilkan untuk beberapa objek dengan variabel yang sama. Perhatikan Gambar 15 dan Gambar 16.

Days	Hours	Link CON1	Link CON2	Link CON3	Link CON6	Link CON8	Link CON7	Link CON9	Link CON10
0	01:15:00	1,09	0,95	0,15	0,00	-0,95	1,07	0,24	-0,85
0	01:30:00	1,10	1,42	0,35	0,00	-0,96	1,08	0,55	-1,29
0	01:45:00	1,14	1,48	0,52	0,00	-0,99	1,12	0,83	-1,69
0	02:00:00	1,17	1,53	0,62	0,00	-1,02	1,15	1,05	-1,93
0	02:15:00	8,04	10,43	3,20	0,00	-7,02	7,90	4,94	-11,77
0	02:30:00	8,66	11,28	4,88	0,00	-7,60	8,54	8,38	-14,91
0	02:45:00	9,11	11,89	5,53	0,00	-8,00	9,00	10,25	-16,06
0	03:00:00	9,46	12,36	5,85	0,00	-8,31	9,34	11,22	-16,79
0	03:15:00	7,39	9,67	5,02	0,00	-6,49	7,30	10,02	-13,60
0	03:30:00	7,53	9,85	7,13	0,00	-6,61	7,44	9,57	-13,51
0	03:45:00	7,65	10,01	8,88	0,00	-6,72	7,55	9,53	-13,68
0	04:00:00	7,74	10,14	10,39	0,00	-6,80	7,65	9,60	-13,86
0	04:15:00	6,46	8,46	12,21	0,00	-5,67	6,38	8,69	-11,85
0	04:30:00	6,51	8,52	14,81	0,00	-5,72	6,43	8,31	-11,71
0	04:45:00	6,56	8,59	15,53	0,00	-5,76	6,48	8,22	-11,76
0	05:00:00	6,60	8,64	16,19	-3,81	-5,79	6,52	8,23	-11,83
0	05:15:00	5,72	7,49	15,36	-25,87	-5,02	5,65	7,61	-10,48
0	05:30:00	5,74	7,52	23,03	-32,54	-5,04	5,67	7,33	-10,35
0	05:45:00	5,77	7,55	62,33	-38,48	-5,07	5,70	7,25	-10,49
0	06:00:00	5,79	7,58	112,94	-40,69	-5,08	5,72	7,23	-10,50

Gambar 15. *Link flow* Dalam Bentuk Tabel
(Sumber: Hasil Simulasi)

Days	Hours	Link CON1	Link CON2	Link CON3	Link CON4	Link CON5	Link CON6	Link CON7	Link CON8	Link CON9
0	01:15:00	-0,21	-0,48	-0,03	0,05	-0,58	-0,03	-0,02	0,02	0,07
0	01:30:00	-0,62	-0,55	-0,06	0,11	-0,91	-0,07	-0,03	0,04	0,16
0	01:45:00	-0,96	-0,60	-0,09	0,16	-1,06	-0,11	-0,04	0,06	0,23
0	02:00:00	-1,16	-0,64	-0,11	0,20	-1,15	-0,14	-0,04	0,08	0,27
0	02:15:00	-6,75	-4,12	-0,52	0,96	-0,03	-0,63	-0,32	0,36	1,29
0	02:30:00	-9,18	-4,75	-0,84	1,56	-98,30	-1,16	-0,49	0,59	1,95
0	02:45:00	-9,98	-5,11	-0,98	1,83	-0,03	-1,49	-0,55	0,69	2,20
0	03:00:00	-10,46	-5,35	-1,05	1,96	374,53	-1,67	-0,58	0,74	2,32
0	03:15:00	-8,59	-4,29	-0,92	1,71	-107,22	-1,53	0,16	0,64	2,00
0	03:30:00	-8,45	-4,31	-0,88	1,64	-83,35	-1,47	4,05	0,62	2,81
0	03:45:00	-8,55	-4,36	-0,88	1,64	-3,63	-1,46	6,12	0,62	3,49
0	04:00:00	-8,66	-4,41	-0,89	1,66	919,02	-1,47	7,83	0,62	4,07
0	04:15:00	-7,48	-3,74	-0,80	1,48	-648,50	-1,34	12,81	0,56	4,78
0	04:30:00	-7,33	-3,73	-0,77	1,43	-1222,40	-1,28	15,78	0,54	5,78
0	04:45:00	-7,36	-3,75	-0,76	1,30	-176,40	-1,26	14,60	0,53	6,06
0	05:00:00	-7,40	-3,77	-0,77	1,44	557,52	-1,26	15,89	0,54	6,32
0	05:15:00	-6,81	-3,32	-0,71	1,32	-0,03	-1,17	15,28	0,50	6,00
0	05:30:00	-6,49	-3,31	-0,69	1,23	410,03	-1,13	30,99	0,49	8,72
0	05:45:00	-6,66	-3,83	-1,61	-0,01	4420,76	-1,11	131,09	1,11	18,53
0	06:00:00	-11,15	-11,64	-13,61	-13,54	300,40	-1,11	154,74	13,10	31,44

Gambar 16. *Link flow* Dalam Bentuk Tabel
(Sumber: Hasil Simulasi)

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa *link flow* terbesar terjadi pada conduit 15 dengan besaran 4420,76 pada jam 05.45 dan yang terkecil terjadi pada conduit 17 dengan besaran -0,02 pada jam ke 01:15. Hasil simulasi ini menunjukkan adanya titik kritis pada jaringan drainase yang perlu mendapatkan perhatian lebih dalam upaya pengendalian genangan, terutama pada saluran dengan debit puncak tinggi dan terjadinya aliran balik.

4.10. Analisis dan Hasil Simulasi

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek utama:

1. Analisis Hidrologi dan Distribusi Frekuensi: Penelitian ini menggunakan analisis hidrologi untuk memprediksi debit air dengan kala ulang tertentu, yaitu 5 dan 10 tahun. Untuk menentukan

curah hujan rencana, dilakukan analisis distribusi frekuensi menggunakan empat metode probabilitas: Gumbel, Log Normal, Log Pearson Tipe III, dan Normal.

2. Uji Kecocokan Distribusi: Setelah mendapatkan nilai curah hujan rencana dari keempat metode, dilakukan uji kecocokan distribusi menggunakan metode Chi-Kuadrat. Berdasarkan hasil uji, keempat metode (Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III) semuanya memenuhi syarat karena nilai hitung Chi-Kuadrat (χ^2) lebih kecil dari nilai kritis (χ^2 kritis).
3. Analisis Debit Rencana dan Kapasitas Saluran: Hasil analisis curah hujan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Perbandingan antara kapasitas saluran drainase eksisting dengan debit banjir rencana menunjukkan bahwa tidak semua segmen saluran dapat menampung debit banjir rencana. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa segmen saluran 9, 10 dan 14 tidak mampu menampung debit puncak banjir sehingga menyebabkan genangan di area tersebut.

4.10 Hasil Simulasi Menggunakan EPA SWMM 5.1

Simulasi dengan perangkat lunak EPA SWMM 5.1 dilakukan untuk menyelaraskan data di lapangan dengan hasil simulasi. Hasil simulasi menunjukkan hal-hal berikut:

1. Tingkat Akurasi Simulasi: Hasil simulasi menunjukkan tingkat kesalahan (continuity error) yang sangat baik, yaitu -0.36% untuk limpasan permukaan dan -70.80% untuk penelusuran aliran.
2. Limpasan Permukaan: Dari total curah hujan 96,08 mm selama 6 jam, sebagian besar (80,6 mm) menjadi limpasan permukaan, sementara sisanya meresap ke dalam tanah (infiltrasi) rata-rata 15,29 mm. Volume limpasan total dari seluruh daerah tangkapan bervariasi antara 0,01 hingga 0,26.
3. Titik-titik Kritis: Simulasi mengidentifikasi bahwa beberapa node (titik pertemuan saluran) mengalami limpasan atau genangan air (*surcharge* dan *flooding*). Tiga node yang mengalami genangan adalah JUNC7, JUNC9, dan JUNC14.
 - a. JUNC7 mengalami luapan terlama dengan durasi 4,57 jam dan debit sebesar 23,14 L/s.
 - b. JUNC14 diidentifikasi sebagai titik paling kritis dengan durasi limpasan 0,17 jam.
4. Debit Puncak (Peak Runoff): Debit puncak tertinggi terjadi pada area tangkapan hujan SUB4 sebesar 22,83 L/s, diikuti oleh SUB5 (21,18 L/s), dan SUB7 (14,84 L/s). Hal ini menunjukkan bahwa area dengan luas

tangkapan yang lebih besar dan koefisien limpasan yang tinggi cenderung menghasilkan debit limpasan yang lebih besar.

5. Secara keseluruhan, analisis Bab IV menyimpulkan bahwa penyebab genangan di Pusat Pasar Medan adalah kapasitas saluran drainase yang tidak mampu menampung debit puncak banjir, yang dibuktikan baik melalui perhitungan manual maupun simulasi dengan EPA SWMM 5.1.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang didapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Genangan yang terjadi di kawasan Pusat Pasar Medan disebabkan karena kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menyalurkan debit banjir rencana. Berdasarkan hasil simulasi pada 16 saluran drainase, ditemukan 3 saluran yaitu conduit 7, conduit 9, dan conduit 14 yang mengalami limpasan, sehingga mengakibatkan terjadinya genangan di badan jalan.
2. Dari hasil analisis distribusi hujan dengan periode ulang 10 tahun, diperoleh curah hujan rencana sebesar 141,821 mm/jam. Melalui pemodelan kapasitas saluran drainase menggunakan perangkat lunak EPA SWMM 5.1 pada kawasan Pusat Pasar Medan, teridentifikasi 3 saluran drainase yang tidak mampu menampung debit banjir rencana dari total 16 saluran yang dianalisis. Tiga saluran tersebut adalah conduit 7, 9, dan 14. Debit maksimum terjadi pada titik Junc 14 dengan nilai 6017,69 m³/s, sedangkan debit terendah terdapat pada titik Junc 7 sebesar 23,14 m³/s. Kedua titik tersebut menunjukkan waktu banjir maksimum yang sama, yaitu pada jam ke-3.
3. Analisis kapasitas dimensi saluran menunjukkan bahwa sebagian besar saluran masih mampu menampung debit banjir rencana, namun terdapat beberapa segmen saluran seperti segmen 9, 10 dan 14 yang tidak mampu menyalurkan debit limpasan secara maksimal. Hasil simulasi EPA SWMM memperlihatkan bahwa JUNC7 mengalami luapan dengan durasi paling lama yaitu 4,57 jam dengan debit 23,14 L/s, sedangkan JUNC14 menjadi titik paling kritis dengan debit maksimum mencapai 6017,69 m³/s. genangan air maka diperlukan juga pemeliharaan dan pengangkatan sedimen, sampah yang menumpuk, tanah dan tumbuhan pengganggu secara rutin dan menghimbau kepada warga sekitar untuk tidak membuang sampah ke saluran drainase.
4. Perlu dilakukan evaluasi lebih mendalam agar menghasilkan data lebih detail dan bisa disajikan menjadi dasar untuk mengatasi masalah drainase di kawasan Pusat Pasar Medan.

5. Perlunya pengkajian dan pembenahan saluran-saluran yang terhubung pada jalan Pusat Pasar Medan serta kerjasama antara pemerintah kota Medan dengan masyarakat untuk pembangunan drainase yang lebih dan saling menjaga kebersihan saluran.
6. Diharapkan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah yang dihadapi tentang masalah drainase di Pusat Pasar Medan agar permasalahan tentang drainase dapat diatasi dengan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdeldayem, S. 2005. *Drainage in the life of civilizations*. Cairo: CEDARE.
- [2]. Al Amin. 2020. *Pemodelan hidrologi menggunakan SWMM*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta Press.
- [3]. Alfons, A. B. 2016. *Drainase perkotaan dan permasalahannya*. Jakarta: Pustaka Teknik.
- [4]. EPA. 2017. *Storm Water Management Model (SWMM) User's Manual Version 5.1*. United States Environmental Protection Agency.
- [5]. Fairizi. 2015. *Drainase perkotaan dan permasalahan infrastruktur*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [6]. Hardjosuprpto, S. 1998. *Hidrologi terapan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [7]. Harto, S. 1993. *Analisis frekuensi dalam hidrologi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [8]. Linsley, R. K. 1986. *Hydrology for engineers*. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill.
- [9]. Montarcih, L. 2009. *Statistika terapan untuk teknik sipil*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10]. Mortarcih, L. 2009. *Metode statistika untuk hidrologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [11]. Muttaqin, A. 2011. *Drainase perkotaan dan penanganannya*. Jurnal Teknik Sipil, 9(2), 23–30.
- [12]. Soewarno. 1995. *Hidrologi: Aplikasi metode statistik untuk analisa data*. Bandung: Nova.
- [13]. Suhardjono. 2013. *Teknik drainase*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- [14]. Suripin. 2004. *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [15]. Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [16]. Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [17]. Wesli. 2008. *Drainase perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu