

Evaluasi kapasitas dan kinerja Saluran drainase (Studi Kasus Banjir di Jalan Letjen Sutoyo Kota Malang)

Capacity and Performance Evaluation of Drainage Channel (Case Study on Letjen Sutoyo Street Malang City)

Medi Effendi^{1*}, Ayisya Cindy Harifa², Sutikno³

^{1, 2, 3} Teknik sipil, Politeknik Negeri Malang - Jl. Soekarno Hatta No. 9 Lowokwaru Kota Malang

ARTICLE INFO

Article history

Received : 14 October 2021

Revised : 07 March 2022

Accepted : 22 March 2022

DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.2807>

Keywords : *flood; rain; SWMM*

***e-mail corresponding author :**

medi.efendi@polinema.ac.id

ABSTRAK

Saluran di sepanjang Jalan Letjen Sutoyo merupakan saluran drainase yang mengalirkan debit air kotor dari daerah Kawasan permukiman seluas 0,65 km². Dengan membuat evaluasi pada kapasitas dan profil aliran dengan menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM) diharapkan permasalahan banjir pada saluran tersebut dapat diminimalisir. Kapasitas saluran eksisting sepanjang Jalan Letjen Sutoyo adalah untuk menampung debit 13,62 hingga 29,09 m³/dt. Sehingga didapatkan dimensi berupa saluran trapesium dengan lebar dasar 2,8 m dengan ketinggian 2,3 m di awal saluran dan menjadi lebih besar yaitu lebar dasar 4 m dengan ketinggian 3,7 m. Kapasitas yang cukup untuk menampung debit sebesar 29,09 m³/dt. Setelah di evaluasi maka ditemukan adanya penumpukan pada dua titik yaitu J2 dan J5, akibat debit maksimum ditambahkan dengan debit yang berasal dari pemukiman setempat pada titik tersebut. Sehingga perlu adanya redesain saluran agar dapat menampung debit dari pemukiman. Redesain hanya dilakukan dengan penambahan ketinggian saluran menjadi 5 m, karena untuk penambahan lebar saluran tidak memungkinkan, karena saluran berada di wilayah padat pemukiman.

PENERBIT

UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-
Malang, 65144, Telp/Fax:
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

ABSTRACT

The channel along Jalan Letjen Sutoyo is a drainage channel that drains dirty water from the residential area of 0.65 km². By evaluating the capacity and flow profile using the *Storm Water Management Model* (SWMM), it is hoped that flooding problems in the channel can be minimized. The capacity of the existing canal along Jalan Letjen Sutoyo is to accommodate a discharge of 13.62 to 29.09 m³/s so that we get the dimensions of a trapezoidal channel with a base width of 2.8 m with a height of 2.3 m at the beginning of the channel and becomes more extensive, namely a base width of 4 m with a height of 3.7 m. Enough capacity to accommodate a discharge of 29.09 m³/s. After the evaluation, it was found that there was accumulation at two points, namely J2 and J5, due to the maximum discharge added to the discharge from local settlements at that point. So it is necessary to redesign the channel to accommodate the discharge from the settlement. The redesign was only carried out by increasing the height of the channel to 5 m because increasing the width of the channel was not possible because the channel is in a densely populated area.

Cara Mengutip : Effendi, M., Harifa, A. C., Sutikno, S. (2022). Capacity and Performance Evaluation of Drainage Channel (Case Study on Letjen Sutoyo Street Malang City). *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 7 (1), 41-62. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.2807>

1. PENDAHULUAN

Permasalahan banjir diperkotaan sangat sering terjadi, bahkan cenderung meningkat setiap tahun, baik dari segi frekuensi, luasan, kedalaman, maupun durasi hujannya. Akar permasalahan banjir di kawasan perkotaan adalah berasal dari pertambahan jumlah penduduk yang sangat cepat, namun tidak diimbangi dengan pertambahan sarana dan prasarana perkotaan yang memadai sehingga pemanfaatan lahan di area perkotaan menjadi tidak teratur. Saluran dengan fungsi mengalirkan limbah maupun air hujan yang terletak di kanan atau kiri jalan, disebut saluran drainase. Pada saat hujan, air akan memenuhi pori-pori tanah hingga kondisi jenuh, apabila tanah sudah jenuh dengan air maka air akan melimpas di atas permukaan yang kemudian menuju parit-parit dan saluran drainase yang lebih besar. Untuk kondisi hujan dengan intensitas rendah hingga sedang, air yang berada di saluran masih dapat tertampung, namun apabila air sudah melebihi kapasitas saluran yang terjadi adalah air akan meluap keluar dan menimbulkan genangan di sekitar saluran atau dinamakan banjir. Apabila luapan dalam jumlah yang kecil pasti tidak akan berdampak besar, apabila luapan dengan volume yang besar, maka akan berdampak terhadap banyak sektor, pemukiman dan juga industri, sehingga akan menimbulkan kerugian, baik kerugian yang dapat dihitung (*tangible*) dan yang tidak terhitung (*intangible*).

Pada Jalan Letjen Sutoyo merupakan jalan utama Kota Malang, saluran drainase yang terdapat pada pinggir jalan memiliki dimensi yang cukup besar untuk mengalirkan air menuju Sungai Brantas. Akan tetapi beberapa tahun belakangan pada saat intensitas hujan cukup lebat dengan durasi lebih dari jam, saluran tidak dapat menampung debit yang besar, sehingga air meluap ke badan jalan dan permukiman sekitar saluran. Hal ini membawa kerugian finansial cukup besar, terutama terhadap pertokoan yang terdapat pada sekitar Jalan Letjen Sutoyo. Hal tersebut mendasari peneliti mengambil tema dan judul penanggulangan banjir. Sekarang ini banyak software yang membantu dalam analisa kapasitas drainase perkotaan, salah satunya adalah *Storm Water Management Model* (SWMM), sehingga untuk memudahkan dalam proses analisa kapasitas saluran maka peneliti menggunakan software ini sebagai media kajian kapasitas saluran. SWMM merupakan model hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang menerusa atau kejadian banjir sesaat [1].

Penelitian terdahulu yang dapat menjadi acuan dalam studi ini adalah dari Ibrahim (2018), dkk dalam jurnal dengan judul Aplikasi Software SWMM untuk Studi Permasalahan Banjir Pada Kawasan Politeknik Negeri Lhoksumawe pada jurnal PORTAL. Penelitian tersebut membahas mengenai banjir yang terjadi akibat luapan saluran dengan membuat model dengan software SWMM. Pada kesimpulan peneliti menyarankan adanya pelebaran saluran untuk mengatasi banjir. Penelitian ini menggunakan software yang sama untuk mensimulasi banjir akibat luapan saluran pada Saluran di sepanjang jalan Letjen Sutoyo Kota Malang.

Fransiska (2020), juga menggunakan software SWMM dalam membuat simulasi limpasan permukaan dari air hujan. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk membuat

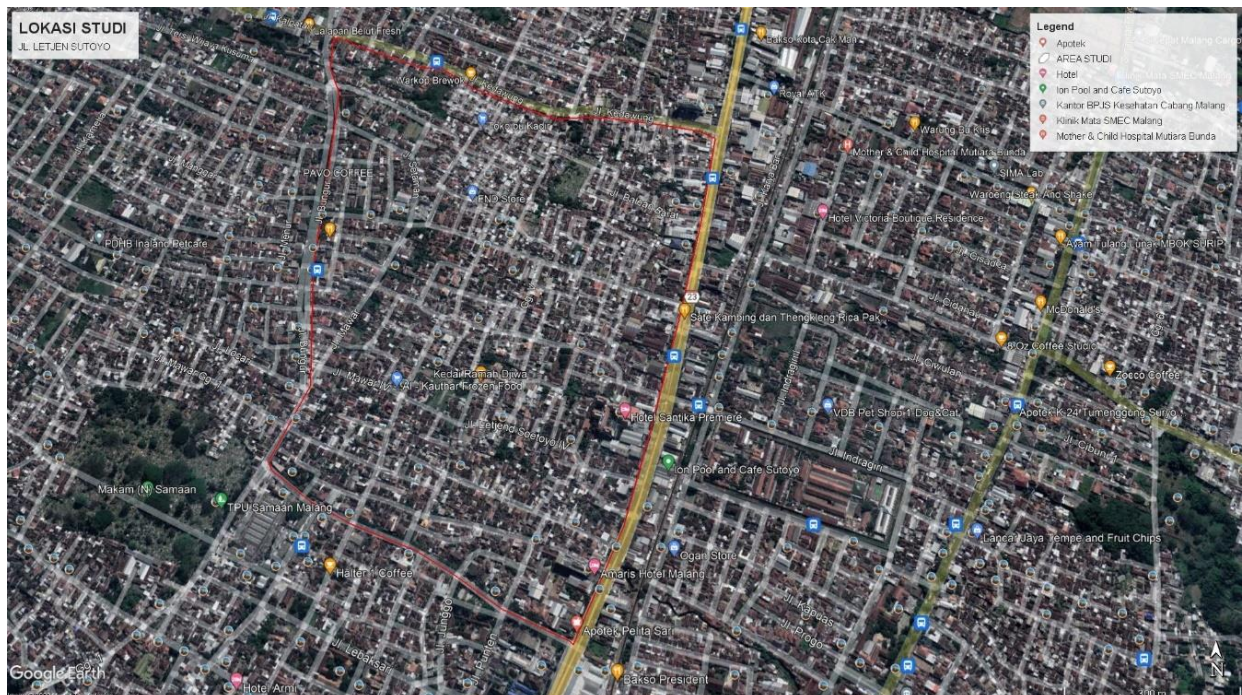
simulasi kemampuan jaringan drainase Kawasan Jati. Simulasi dilakukan dengan membuat 3 skenario yaitu mengubah dimensi saluran, perencanaan sumur resapan, dan mengubah aliran ke kanal banjir Jati. Kemampuan dari software ini salah satunya adalah dapat membuat simulasi dari kuantitas dan kualitas limpasan permukaan [2].

Faizal (2019), juga menggunakan software SWMM dalam penelitiannya. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk membuat simulasi hujan aliran (*rainfall Runoff*) untuk membuat simulasi banjir di daerah perkotaan [3].

Latar belakang tersebut mendasari penelitian ini dalam melakukan analisis terhadap kapasitas saluran drainase eksisting, kemudian menggambarkan profil aliran serta mencari alternatif penanggulangan banjir. Dalam membuat analisis tersebut peneliti menggunakan software SWMM untuk memodelkan jaringan serta pembuatan profil aliran saluran. Banyak penelitian dengan tema yang sama yaitu drainase perkotaan dengan software SWMM, namun dalam penelitian mencoba menerapkan model yang sama yang memiliki karakteristik berbeda dari segi kondisi hidrologi dan fisik DAS, sehingga nantinya bisa diperoleh gambaran kondisi banjir yang terjadi di Jalan Letjen Sutoyo.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi studi ini berada di saluran drainase di sepanjang Jalan Letjen Sutoyo Kota Malang. Luas daerah tangkapan air untuk saluran sepanjang letjen sutoyo ini adalah seluas 0.65 km², dengan batasan seperti digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Proses dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data yang diperlukan adalah data primer dan sekunder. Data primer merupakan data pengukuran drainase eksisting di lapangan. Sedangkan data sekunder merupakan data hujan, data topografi, peta tata guna lahan, yang digunakan untuk membuat analisis mengenai kapasitas saluran drainase yang ditinjau. Data hujan yang dibutuhkan adalah data hujan dari beberapa stasiun hujan seperti stasiun Ciliwung, stasiun Singosari, dan Stasiun Petung Sewu yang diperoleh dari dinas pengairan dan BMKG setempat selama 10 tahun dari 1 Januari tahun 2011 hingga 31 Desember tahun 2020, untuk masing-masing stasiun.

2. Pengolahan data

Data curah hujan yang digunakan adalah hujan harian maksimum tahun 2010 – 2020. Pada SWMM tinggi genangan dan limpasan hujan pada masing-masing *subcatchment* dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$D1 = Dt + Rt \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

D1 = kedalaman air setelah hujan (mm)

Dt = kedalaman air pada sub DAS pada saat waktu t (mm)

Rt = intensitas hujan pada interval waktu t (mm/jam)

Pada *software* ini *subcatchment* atau daerah tangkapan air dibagi menjadi dua bagian yaitu area kedap air (*impervious*) dan area yang dapat dilalui air (*previous*). Area kedap air juga dibagi menjadi dua bagian yaitu *depression storage* dan *non depression storage*. Dalam perhitungan infiltrasi *software* ini menggunakan tiga pendekatan yaitu metode Green Ampt, Horton dan Curve Number. Menurut Rohmat (2009), metode Green Ampt merupakan fungsi dari beberapa parameter tanah seperti hidraulik tanah, permeabilitas, suction head, dan kelembaban tanah. Parameter tersebut akan berbeda pada setiap jenis tanah [4].

Debit yang dihitung pada titik *outflow* menggunakan rumus Manning yaitu:

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

$$Q = 1/n R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

V = kecepatan (m/det)

n = koefisien Manning

S = kemiringan lahan

A = luas penampang saluran (m²)

Q = debit (m³/dt)

R = jari-jari hidrolik (m)

Conduit yang dimaksud digunakan dalam *software* ini adalah saluran yang menyalurkan air, terdapat berbagai bentuk seperti trapesium, persegi, setengah lingkaran dan lingkaran. Menurut Rossman (2004), *software* SWMM menggunakan persamaan Manning dalam pendekatan perhitungan kecepatan pada saluran [5].

Junction adalah titik-titik bantu yang digunakan untuk menghubungkan antar conduit. Titik-titik ini harus diketahui elevasinya, sehingga nantinya akan diketahui arah aliran berdasarkan titik-titik tersebut.

3. Analisis data

a. Daerah *Pervious* dan *Impervious*

Identifikasi daerah *pervious* dilakukan dengan melakukan ground check di lapangan untuk melihat daerah yang dapat dilalui air melalui infiltrasi (*pervious*) dan daerah yang tidak dapat melewatkan air (*impervious*). Kemudian dihitung persentase luas daerah *pervious* dan *impervious* untuk setiap subcatchment sebagai input data dalam subcatchment [6].

b. Uji konsistensi data

Data hujan yang telah di dapat, harus di uji terlebih dahulu sebelum digunakan, pada penelitian ini menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*) dengan menggunakan hujan maksimum tahunan dari stasiun yang telah didapatkan. Ketentuan yang digunakan dalam pengujian konsistensi data adalah sebagai berikut [7]:

- Pola garis lurus, terjadi apabila tidak terjadi patahan pada kurva, data disebut konsisten pada pola ini
- Pola yang terjadi patah arah garis, maka data tersebut dinamakan tidak konsisten, sehingga harus dikoreksi.

c. Hujan rerata daerah

Apabila pada lokasi studi terdapat beberapa alat penakar hujan, maka untuk mendapatkan curah hujan areal adalah dengan mengambil rata-rata nya. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah (*area rainfall*), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*) [8].

Hujan rerata seluruh daerah DAS diberikan oleh bentuk berikut [9]:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- P = hujan rerata kawasan
 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = hujan dari stasiun 1, 2, 3, ..., n
 n = jumlah stasiun

d. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan, analisis frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode probabilitas distribusi yaitu, distribusi normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbell [10].

- Metode Gumbel

$$R_T = R_k + \left(\frac{S_d}{S_n}\right) \times (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

R_T = Curah hujan harian maksimum (mm)
 Y_t = variasi reduksi
 Y_n = reduksi rerata
 S_n = reduksi standar deviasi
 R_k = Rentang keyakinan
 S_d = Standar deviasi

- Metode Log Pearson III

$$\log R_T = \log \bar{R} + K.S \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

R_T = Curah hujan harian maksimum (mm)
 K = variable standar untuk R
 R = curah hujan rerata
 S = simpangan baku

- Metode Normal

$$R_T = \bar{R} + K_T.S_d \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

R_T = Curah hujan harian maksimum (mm)
 K_T = variable reduksi Gauss
 R = curah hujan rerata
 S_d = simpangan baku

e. Model SWMM

i. Pembagian subcatchment

Langkah awal dalam penggunaan SWMM adalah pembagian subcatchment pada area penelitian. Pembuatan batas daserah tangkapan air sesuai dengan lahan yang aliran airnya masuk ke dalam saluran yang di analisis.

ii. Pembuatan Model Jaringan

Langkah selajutnya yaitu pembuatan jaringan saluran, sesuai dengan yang sudah ada (eksisting) atau yang akan direncanakan. Pembuatan model jaringan termasuk memasukkan data seperti distribusi hujan, elevasi lahan, bentuk saluran eksisting, slope, dan data pendukung lain seperti curve number dsb.

iii. Simulasi model

Setelah semua data dimasukkan, kemudian langkah selanjutnya adalah simulasi model saluran drainase yang telah dibuat. Menurut Rahmat (2009) Simulasi dapat dikatakan berhasil jika continuity error < 10 %. Debit yang mengalir, dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [3]:

$$Q = W^{1/n} (d - dp)^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(8)$$

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

iv. Output SWMM

Output simulasi model SWMM berupa table hasil perhitungan debit, volume luapan, kedalaman limpasan lahan, debit pada saat terjadi luapan, kedalaman aliran dsb yang ditampilkan dalam bentuk table dan grafik.

v. Visualiasi hasil simulasi

Setelah dilakukan simulasi model, maka yang dapat ditampilkan oleh SWMM adalah berupa profil aliran, grafik hujan, kedalaman aliran, kemudian tabel-tabel hasil perhitungan, dan juga lokasi genangan yang terjadi.

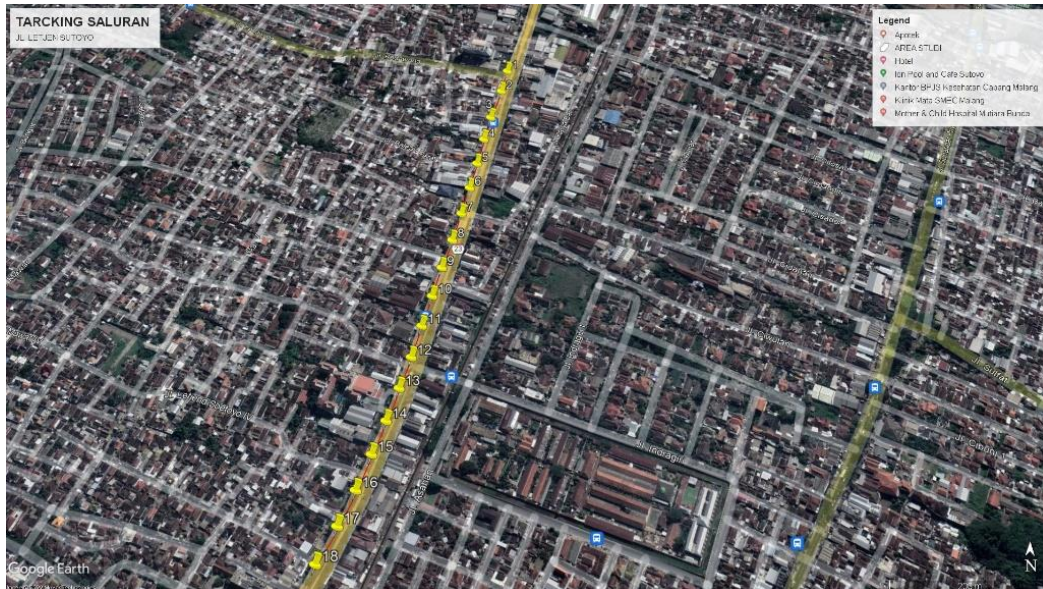
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai dasar dalam evaluasi/perencanaan ulang drainase, diperlukan data eksisting saluran dan bangunan pelengkap. Data eksisting saluran diperoleh dari penelusuran saluran sepanjang Jalan Letjen Sutoyo Kota Malang, dengan mengukur langsung dimensi saluran setiap 50 m hingga titik outlet di akhir saluran sebelum berbelok ke sungai utama (titik 18, Tabel 1). setiap titik digambarkan pada peta (Gambar 2), sehingga memudahkan dalam proses analisis dan pembuatan model pada software SWMM.

Tabel 1. Dimensi Saluran Eksisting (Meter)

TITIK	JARAK	B bawah	B atas	H Sal.	h air
1	0	4	5.5	2.6	0.2
2	50	4	5.5	2.6	0.2
3	100	4	5.5	2.6	0.2
4	150	4	5.5	2.6	0.2
5	200	4	5.5	2.6	0.2
6	250	4	5.5	2.6	0.2
7	302	4	5.5	2.6	0.2
8	357	4	6.3	3.4	0.37
9	407	4	6.3	3.4	0.37
10	457	4	6.3	3.4	0.37
11	489.5	4	6.3	3.4	0.37
12	539.5	4	6.3	3.4	0.37
13	589.5	4	6.3	3.4	0.37
14	639.5	4	6.3	3.4	0.37

15	689.5	4	6.3	3.4	0.37
16	739.5	4	6.3	3.4	0.37
17	789.5	4	6.3	3.4	0.37
18	839.5	4	6.3	3.4	0.37



Gambar 2. Lokasi Penelusuran Saluran Sepanjang Jalan Letjen Sutoyo

Analisis Hidrologi

1. Curah Hujan Maksimum Tahunan

Data hujan yang digunakan berasal dari pengukuran 3 stasiun yang lokasi nya berdekatan, yaitu Stasiun Ciliwung, Stasiun Sukun dan Stasiun Petung Sewu. Data diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Malang. Data hujan yang digunakan untuk analisis adalah data hujan maximum, berikut adalah data hujan maximum dari masing-masing stasiun hujan.

Tabel 2. Hujan Maksimum Setiap Stasiun (mm)

TAHUN	STA SUKUN	STA CILIWUNG	STA PETUNGSEWU
2020	125	97	145
2019	135	82	93
2018	94	97	95
2017	132	104	105
2016	122	64	75
2015	170	98	65
2014	134	125	100
2013	101	93	85
2012	125	138	97
2011	101	113	85

Sumber : Hasil Perhitungan

Data hujan yang digunakan adalah data hujan dari 3 stasiun, dengan data pengambilan pada tahun yang sama yaitu antara 2011 hingga tahun 2020. Hujan yang tertera di tabel adalah hujan maksimum dari masing-masing tahun setiap stasiun. Dari data ketiga stasiun tersebut. Selanjutnya akan dapat diketahui konsistensi data masing-masing stasiun.

2. Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data hujan dilakukan dengan maksud mengetahui keselarasan data lapangan dengan menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*) [11]. Metode ini membandingkan jumlah kumulatif data dari stasiun pembanding dengan stasiun yang di uji, seperti pada uji konsistensi stasiun Petung sewu, kumulatif dari stasiun Ciliwung dan stasiun Sukun dibandingkan dengan hujan maksimum dari stasiun Petung sewu. Apabila data masih berada di area trendline, dan tidak menyimpang, maka data pada stasiun yang di uji dapat digunakan, akan tetapi apabila data menyimpang dari trendline, maka data harus diperbaiki.

a. Uji Konsistensi Data Stasiun Petungsewu

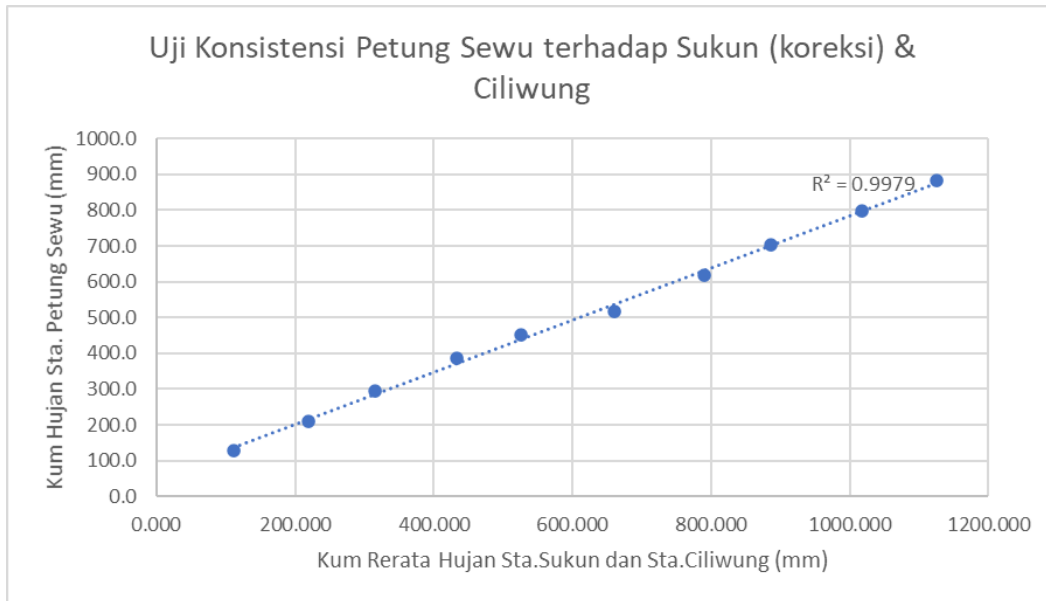
Berikut hasil dari uji konsistensi Stasiun Petungsewu terhadap stasiun Ciliwung dan Sukun.

Tabel 3. Hasil Uji Konsistensi Stasiun Petungsewu

Tahun	Sta. Sukun	Sta. Ciliwung	Kumulatif Rerata Sukun & Ciliwung	Sta. Petungsewu terkoreksi	Kum Petungsewu terkoreksi
2020	125	97	111.000	127.709	127.709
2019	135	82	219.500	81.910	209.619
2018	94	97	315.000	83.671	293.290
2017	132	104	433.000	92.479	385.769
2016	122	64	526.000	66.056	451.826
2015	170	98	660.000	65.000	516.826
2014	134	125	789.500	100.000	616.826
2013	101	93	886.500	85.000	701.826
2012	125	138	1018.000	97.000	798.826
2011	101	113	1125.000	85.000	883.826

Sumber: Analisis perhitungan

Setelah dilakukan uji konsistensi dengan metode kurva massa ganda, didapatkan hujan yang sudah konsisten atau terkoreksi dari tahun 2016 hingga tahun 2020 (bercetak merah di tabel) atau yang sesuai dengan garis trendline (Gambar 2). Selanjutnya data ini yang akan digunakan dalam perhitungan curah hujan daerah selanjutnya. Kemudian setelah stasiun Petung sewu, selanjutnya akan dilakukan pengujian untuk stasiun Ciliwung dengan pembanding stasiun Petungsewu dan stasiun Sukun.



Gambar 3. Uji Konsistensi Sta Petungsewu Terhadap Sta Ciliwung dan Sukun Terkoreksi

b. Uji Konsistensi Data Stasiun Ciliwung

Pada tahap dua, pengujian dilakukan pada stasiun Ciliwung terhadap dua stasiun lainnya, yaitu Stasiun Petung Sewu dan Stasiun Sukun. Menghasilkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Konsistensi Stasiun Ciliwung

Tahun	Sta. Sukun	Sta. Petungsewu	Kumulatif Rerata Sta. Sukun & Ciliwung	Sta. Ciliwung Terkoreksi	Kumulatif Sta. Ciliwung terkoreksi
2020	125	127.709	126.355	112.228	112.228
2019	135	81.910	234.810	94.873	207.100
2018	94	83.671	323.645	112.228	319.328
2017	132	92.479	435.885	120.326	439.654
2016	122	66.056	529.913	64.000	503.654
2015	170	65.000	647.413	98.000	601.654
2014	134	100.000	764.413	125.000	726.654
2013	101	85.000	857.413	93.000	819.654
2012	125	97.000	968.413	138.000	957.654
2011	101	85.000	1061.413	113.000	1070.654

Sumber: Analisis perhitungan

Pengujian pada tahap dua ini, menghasilkan data stasiun Ciliwung yang telah terkoreksi. Data hujan tersebut telah konsisten atau terkoreksi dari tahun 2017 hingga tahun 2020 (bercetak merah di tabel), sehingga data yang berum berada di garis trendline telah sesuai, atau telah berada di garis lurus, seperti yang ditampilkan oleh gambar 3 dibawah ini.



Gambar 4. Uji Konsistensi Sta Ciliwung Terhadap Sta Petungsewu dan Sukun Terkoreksi

c. Uji Konsistensi Data Stasiun Sukun

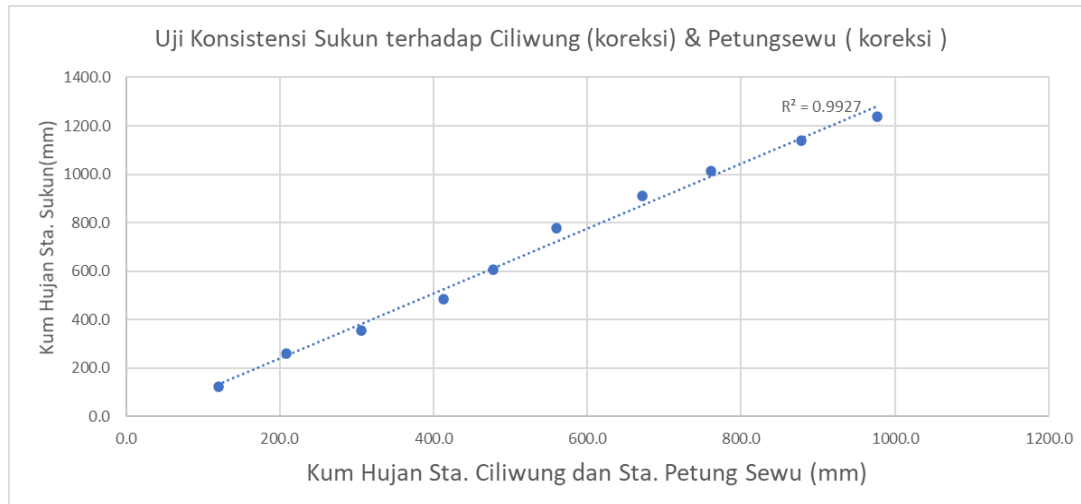
Sedangkan hasil perhitungan hasil uji konsistensi stasiun Sukun terhadap Stasiun Ciliwung dan petungsewu adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Konsistensi Stasiun Sukun

Tahun	Sta. Ciliwung	Sta. Petungsewu	Kumulatif Rerata Sta. Ciliwung & Petungsewu	Sta Sukun Terkoreksi	Kumulatif Sta. Sukun Terkoreksi
2020	112.228	127.709	119.968	133.37	133.37
2019	94.873	81.910	208.360	144.04	277.41
2018	112.228	83.671	306.309	100.30	377.71
2017	120.326	92.479	412.712	132	509.707
2016	64.000	66.056	477.740	122	631.707
2015	98.000	65.000	559.240	170	801.707
2014	125.000	100.000	671.740	134	935.707
2013	93.000	85.000	760.740	101	1036.707
2012	138.000	97.000	878.240	125	1161.707
2011	113.000	85.000	977.240	101	1262.707

Sumber: Analisis perhitungan

Stasiun Sukun diuji dengan dua stasiun lainnya, yaitu Stasiun Sukun dan Stasiun Petung Sewu. Data hujan tersebut telah konsisten atau terkoreksi dari tahun 2018 hingga tahun 2020 (bercetak merah di tabel). Pengujian juga dilakukan dengan Metode Kurva Massa Ganda.



Gambar 5. Uji Konsistensi Sta Sukun Terhadap Sta Petungsewu dan Ciliwung Terkoreksi

3. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Dalam melakukan analisa curah hujan terdapat 3 metode yang dapat digunakan antara lain Polygon Thissen, Aljabar (*arithmetic average*) dan Isohyet. Metode yang digunakan dalam menentukan hujan rerata daerah pada studi ini adalah metode aljabar. Metode ini adalah metode sederhana dengan melakukan pengukuran hujan dalam waktu yang bersamaan, dijumlahkan kemudian dibagi sesuai dengan jumlah stasiun hujan. Metode akan sangat baik apabila stasiun hujan tersebar secara merata area Daerah Aliran Sungai (DAS) dan hujan relatif rata di seluruh area DAS[12]. Untuk menggunakan metode ini seharusnya menggunakan stasiun hujan yang berada dalam satu DAS, akan tetapi keterbatasan data, sehingga stasiun yang digunakan adalah stasiun yang terdekat dengan area studi.

Tabel 6. Curah Hujan Rerata Daerah Terkoreksi

Tahun	Tanggal	STA SUKUN	STA CILIWUNG	STA PETUNGSEWU	Rata-rata	Curah Hujan max
2020	31-Mar	133.371	0.000	15.854	49.742	82.747
	22-Mar	0.000	112.228	0.000	37.409	
	3-Mar	66.152	54.378	127.709	82.747	
2019	10-Feb	144.041	64.791	52.845	87.226	87.226
	11-Feb	0.000	94.873	4.404	33.092	
	13-Mar	54.415	0.000	81.910	45.442	
2018	24-Feb	100.295	0.000	0.000	33.432	63.988
	21-Jun	68.286	112.228	11.450	63.988	
	5-Feb	28.808	28.925	83.671	47.135	
2017	1-Apr	132.000	23.140	28.184	61.108	79.919
	4-Apr	56.000	120.326	20.257	65.528	
	26-Mar	101.000	46.279	92.479	79.919	

2016	29-Jun	122.000	45.000	30.826	65.942	65.942
	12-Apr	56.000	64.000	22.019	47.340	
	2-Feb	37.000	50.000	66.056	51.019	
2015	29-Mar	170.000	0.000	50.000	73.333	73.333
	3-May	0.000	98.000	10.000	36.000	
	1-Dec	31.000	61.000	65.000	52.333	
2014	26-Apr	134.000	56.000	15.000	68.333	68.333
	27-Apr	0.000	125.000	30.000	51.667	
	5-Jan	12.000	89.000	100.000	67.000	
2013	29-Mar	101.000	25.000	5.000	43.667	72.667
	8-Dec	50.000	93.000	75.000	72.667	
	26-Nov	33.000	15.000	85.000	44.333	
2012	3-Dec	125.000	40.000	34.000	66.333	70.000
	20-Nov	42.000	138.000	30.000	70.000	
	13-Feb	16.000	58.000	97.000	57.000	
2011	21-Dec	101.000	22.000	20.000	47.667	47.667
	26-Mar	0.000	113.000	26.000	46.333	
	13-Feb	0.000	2.000	85.000	29.000	

Sumber: Analisis perhitungan

4. Pemilihan Distribusi Curah Hujan Rancangan

Menurut Robby (2016) hujan rencana yang digunakan untuk perhitungan pemanfaatan air dapat dihitung berdasarkan series data hujan harian maksimum (*maximum annual series*) dengan jangka waktu yang panjang dan analisis distribusi frekuensi [13]. Frekuensi hujan adalah besaran suatu nilai hujan yang dapat terjadi berulang atau. Kala ulang (*return periode*) adalah besaran hujan pada suatu waktu yang dapat dilampaui pada suatu waktu. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah memperkirakan kemungkinan-kemungkinan hujan berulang pada suatu waktu tertentu, sehingga dijadikan acuan dalam pembuatan perencanaan bangunan air. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik [14].

Curah hujan rancangan/desain ini biasanya dihitung untuk periode ulang 5, 25, dan 50 tahun [13]. Sebelum perhitungan curah hujan rencana maka harus dilakukan seleksi metode yang digunakan untuk menghitung, sehingga diperlukan perhitungan rerata hujan, standar deviasi, koefisien kemencengan, koefisien kurtosis, dan koevisien varian.

Tabel 7. Curah Hujan Rerata Daerah Terurut

No.	Tahun	CH
1	2011	47.667
2	2018	63.988
3	2016	65.942

4	2014	68.333
5	2012	70.000
6	2013	72.667
7	2015	73.333
8	2017	79.919
9	2020	82.747
10	2019	87.226
Rerata Hujan (X)		71.182
Standar Deviasi (Sd)		11.136
Koefisien Kemencengan (Cs)		-0.723
Koefisien Kurtosis (Ck)		1.328
Koefisien Variansi (Cv)		0.156

Sumber: Analisis perhitungan

Kemudian dimasukkan ke parameter penentuan metode untuk menghitung curah hujan rancangan berikut ini [15].

Tabel 8. Parameter penentuan Metode Perhitungan CH rancangan

Distribusi Normal -0.05<Cs<0.05 2.7<Ck<3.3	Distribusi Log Normal Cs = 3.Cv Cs selalu Positif	Distribusi Gumbel CS>1.1395 Ck>5.4	Distribusi Log Pearson
-0.05<Cs<0.05 Tidak Memenuhi	Cs = 3.Cv Tidak Memenuhi	CS>1.1395 Tidak Memenuhi	Tidak Ada Batasan
2.7<Ck<3.3 Tidak Memenuhi	Cs selalu Positif Tidak Memenuhi	Ck>5.4 Tidak Memenuhi	Tidak Ada Batasan

Sumber : Harto, 1993:245

Berdasarkan parameter tersebut, didapatkan hasil bahwa perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode distribusi Log Pearson tipe III.

5. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson Tipe III, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 9. Tabel Perhitungan Parameter Statistik

No.	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	$\frac{\text{Log Xi} - \text{Log } \bar{X}}{\text{Log } \bar{X}}$	$\left(\frac{\text{Log Xi} - \text{Log } \bar{X}}{\text{Log } \bar{X}}\right)^3$
1	2011	47.667	100	1.678	1.605	4.133
2	2018	63.988	200	1.806	1.733	5.202
3	2016	65.942	300	1.819	1.746	5.320

4	2014	68.333	400	1.835	1.761	5.463
5	2012	70.000	500	1.845	1.772	5.561
6	2013	72.667	600	1.861	1.788	5.715
7	2015	73.333	700	1.865	1.792	5.754
8	2017	79.919	800	1.903	1.829	6.121
9	2020	82.747	900	1.918	1.844	6.274
10	2019	87.226	1000	1.941	1.867	6.510
Cs		-0.723				
Jumlah		711.822	18.471			
Rerata		71.182	1.847			
Stand. Dev		11.136	0.073			

Tabel 10. Tabel Perhitungan CH Rancangan Metode Log Pearson III

No	Tr	R rata-rata	Std Deviasi	Kemencengan	Peluang	K	Curah Hujan Rancangan	
	(tahun)	(Log)	(log)	(Cs)	(%)		Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1.01	1.847	0.073	-1.248	99.000	-2.839	1.639	43.515
2	2	1.847	0.073	-1.248	50.000	0.120	1.856	71.759
3	5	1.847	0.073	-1.248	20.000	0.857	1.910	81.281
4	10	1.847	0.073	-1.248	10.000	1.179	1.934	85.832
5	20	1.847	0.073	-1.248	5.000	1.379	1.948	88.780
6	25	1.847	0.073	-1.248	4.000	1.479	1.956	90.292
7	50	1.847	0.073	-1.248	2.000	1.650	1.968	92.942
8	100	1.847	0.073	-1.248	1.000	1.789	1.978	95.157
9	200	1.847	0.073	-1.248	0.500	1.906	1.987	97.046
10	1000	1.847	0.073	-1.248	0.100	2.124	2.003	100.689

Untuk perhitungan rancangan yang nantinya akan digunakan adalah menggunakan kala ulang 25 tahaun, sehingga didapatkan hujan rancangan sebesar 90.292 mm.

6. Distribusi Hujan Jam-jaman

Data hujan jam-jaman biasanya didapatkan dengan pengamatan langsung dilapangan atau dapat dihitung menggunakan beberapa metode, pada penelitian ini digunakan metode PSA 007 dalam menghitung distribusi hujan jam-jaman. Distribusi yang dihitung selama 6 jam. Berikut hasil yang diperoleh.

Menurut Zainuri (2021) metode PSA 007 ini adalah metode yang sesuai dengan kondisi hidrologi di Indonesia[16]. Sehingga persentase hujan yang digunakan sesuai dengan kondisi lokasi studi.

Tabel 11. Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Metode PSA 007

Kala Ulang (tahun)	R ₂₄ (mm)	R ₆		Distribusi hujan (%)						Distribusi hujan (mm)					
		(%)	(mm)	Jam ke-						Jam ke-					
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1.01	43.51	79.60	34.64	4.00	5.60	71.60	10.80	4.00	4.00	1.39	1.94	24.80	3.74	1.39	1.39
2	71.76	79.20	56.83	4.00	5.87	71.20	10.93	4.00	4.00	2.27	3.33	40.47	6.21	2.27	2.27
5	81.28	78.00	63.40	4.00	6.67	70.00	11.33	4.00	4.00	2.54	4.23	44.38	7.19	2.54	2.54
10	85.83	76.00	65.23	4.00	8.00	68.00	12.00	4.00	4.00	2.61	5.22	44.36	7.83	2.61	2.61
25	90.29	75.00	67.72	4.00	8.67	67.00	12.33	4.00	4.00	2.71	5.87	45.37	8.35	2.71	2.71
50	92.94	73.00	67.85	4.00	10.00	65.00	13.00	4.00	4.00	2.71	6.78	44.10	8.82	2.71	2.71
100	95.16	72.00	68.51	4.00	10.67	64.00	13.33	4.00	4.00	2.74	7.31	43.85	9.14	2.74	2.74
200	97.05	71.67	69.55	4.00	10.89	63.67	13.44	4.00	4.00	2.78	7.57	44.28	9.35	2.78	2.78

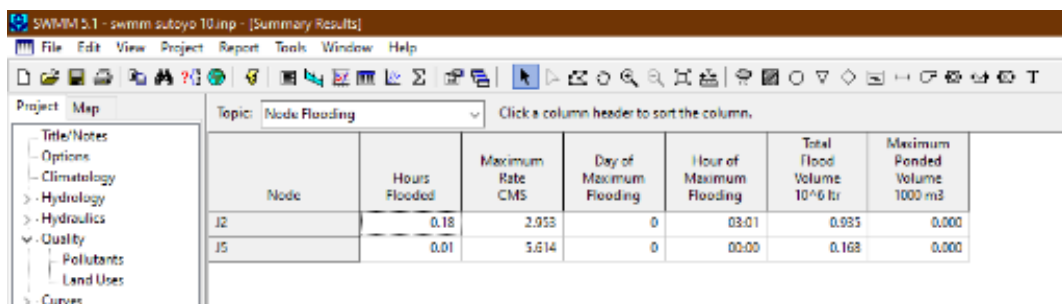
Sumber: Analisis Perhitungan

Tabel 12. Rekapitulasi Hujan Jam-jaman dengan metode PSA 007

No.	Jam Ke-	Distribusi hujan	
		%	mm
1.	1	4.0	2.71
2.	2	8.7	5.87
3.	3	67.0	45.37
4.	4	12.3	8.35
5.	5	4.0	2.71
6.	6	4.0	2.71

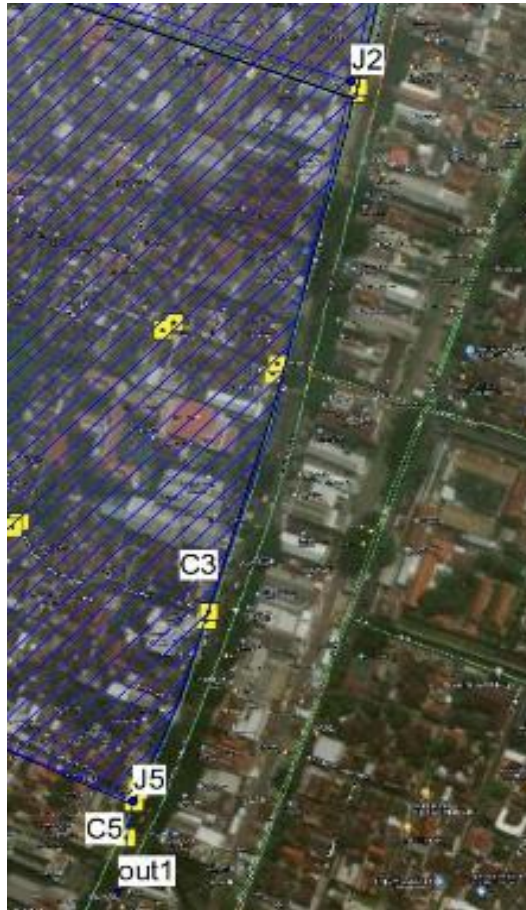
7. Evaluasi saluran di jalan Letjen Sutoyo

Berdasarkan analisa menggunakan SWMM, dengan hujan rancangan kala ulang 5 tahun sebesar 81.28 mm, mengakibatkan genangan pada J2(titik 1) dan J5(titik 2), dengan demikian hasil evaluasi sudah sesuai dengan kondisi di lapangan. Pada titik J2 akan terjadi genangan pada debit 2.953 m³/dt dan pada J5 akan terjadi genangan pada saat debit 5.614 m³/dt.



Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10 ⁶ ltr	Maximum Ponded Volume 1000 m ³
J2	0.18	2.953	0	03:01	0.993	0.000
J5	0.01	5.614	0	00:00	0.168	0.000

Gambar 6. Hasil Analisis SWMM Saluran Eksisting



Gambar 7. Titik Genangan Hasil Simulasi SWMM

Berdasarkan perhitungan debit dengan menggunakan metode Rasional, pada dimensi eksisting pada didapatkan hasil sebagai berikut ini :

Tabel 13. Perhitungan Debit Saluran Eksisting

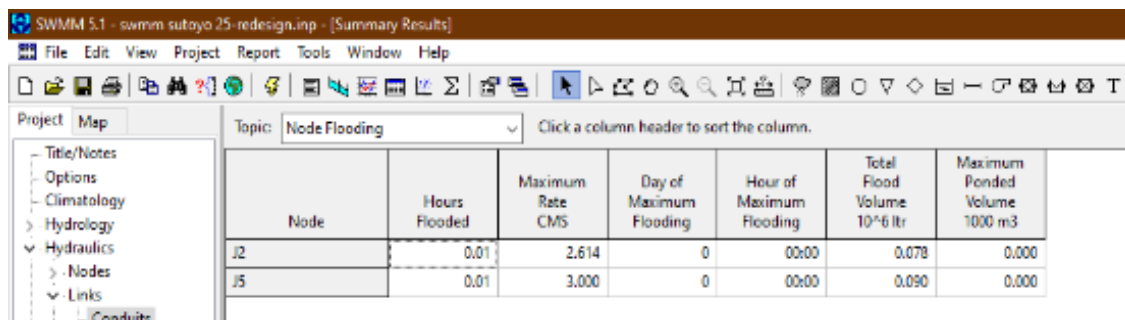
Nomor Saluran		L (m)	s asli	Penampang Saluran		n	Dimensi						s renc	V hit (m/dt)	Q hit (m ³ /dt)
Awal	Akhir			Bentuk	Bahan		b (m)	m (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)			
J1	J2	379.7	0.030	Trapesium	Batu Kali	0.013	2.8	0.5	2.3	9.085	7.943	1.144	0.0003	1.50	13.62
J2	J5	476.8	0.030	Trapesium	Batu Kali	0.013	3.2	0.5	2.3	10.005	8.343	1.199	0.0003	1.50	15.01
J5	OUT	26.9	0.030	Trapesium	Batu Kali	0.013	4	0.5	3.4	19.380	11.603	1.670	0.0002	1.50	29.09

Q hitung masing-masing saluran diperoleh: untuk saluran J1-J2 adalah 13.62 m³/dt, J2-J5 sebesar 15.01 m³/dt dan J5 hingga outlet sebesar 29.09 m³/dt. Debit yang di alirkan pada model SWMM yang pertama adalah 2.953 m³/dt menghasilkan genangan pada titik J2, sedangkan pada titik J5 terjadi genangan pada debit 5.614 m³/dt. Kemudian peneliti malukan perubahan pada kedalaman saluran sehingga menghasilkan dimensi baru pada saluran, seperti dicantumkan pada tabel berikut ini.

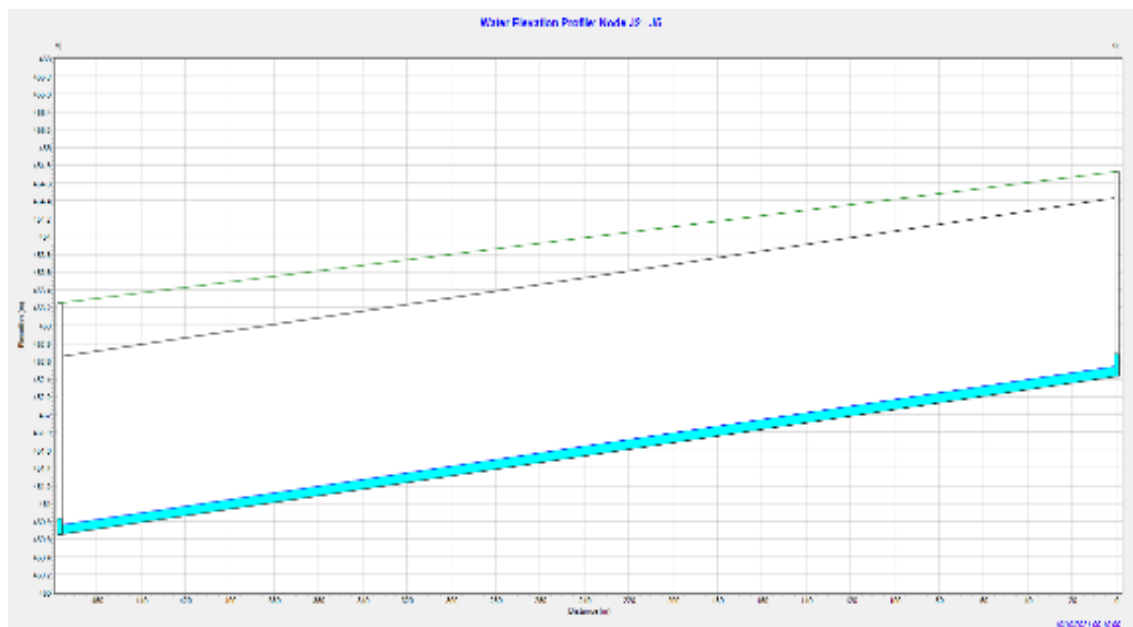
Tabel 4. 1 Perhitungan Debit Saluran Baru

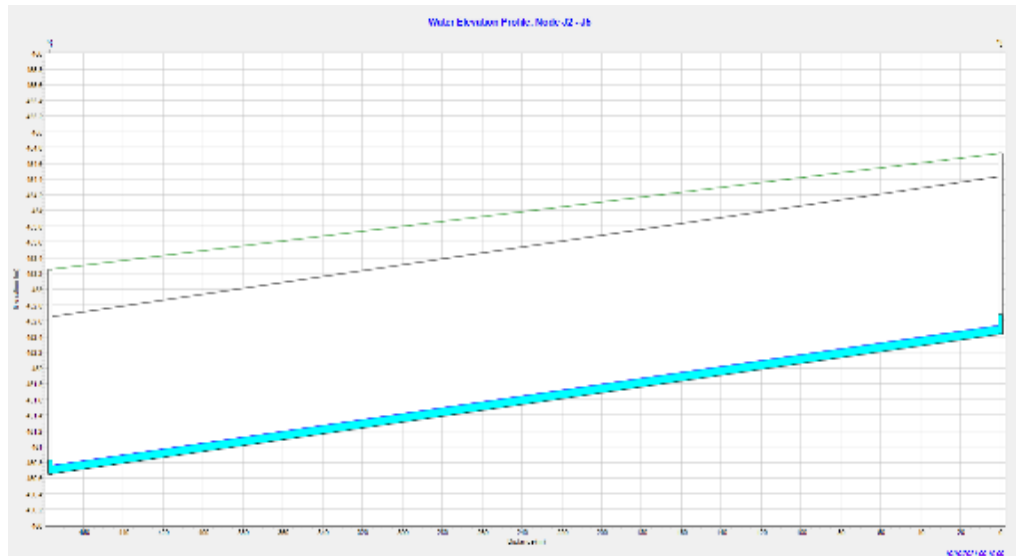
Nomor Saluran		L	S asli	n	Dimensi						s renc	V hit	Q hit
Awal	Akhir				b	m	h	A	P	R			
		(m)			(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)		(m/dt)	(m ³ /dt)
J1	J2	379.7	0.030	0.013	2.8	0.5	4	19.200	11.744	1.635	0.0002	1.50	28.80
J2	J5	476.8	0.030	0.013	3.2	0.5	5	28.500	14.380	1.982	0.0002	1.50	42.75
J5	OUT	26.9	0.030	0.013	4	0.5	5	32.500	15.180	2.141	0.0001	1.50	48.75

Kemudian disimulasikan kembali dengan menggunakan SWMM sehingga nantinya debit yang melewati J2 dan J5 akan berkurang dan waktu genangan juga akan berkurang. Berikut hasil *running* simulasi SWMM untuk dimensi baru.

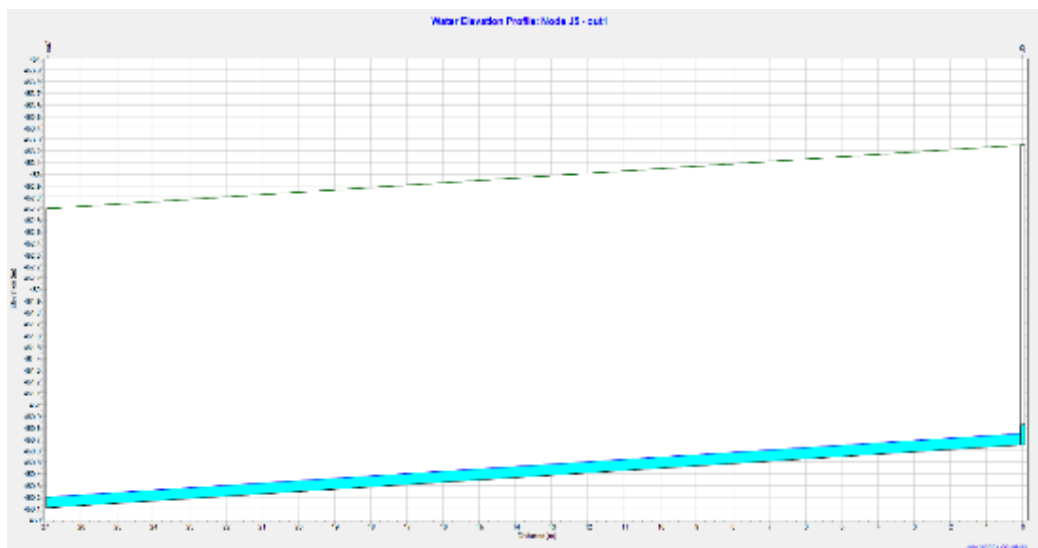
**Gambar 8. Hasil Analisis SWMM Desain Saluran Baru**

Dengan profil aliran C2, C3 dan C5 sebagai berikut:

**Gambar 9. Profil Aliran Saluran C2**

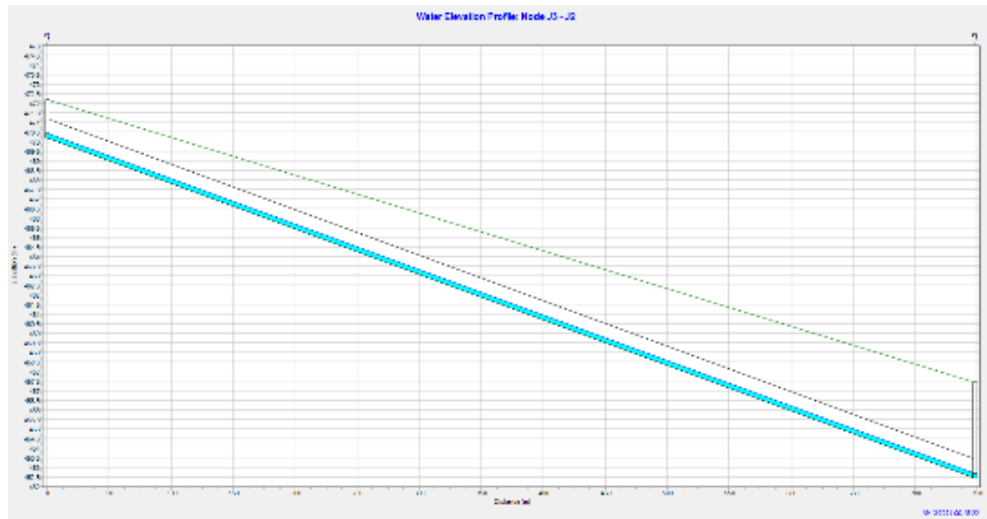


Gambar 10. Profil Aliran Saluran C3

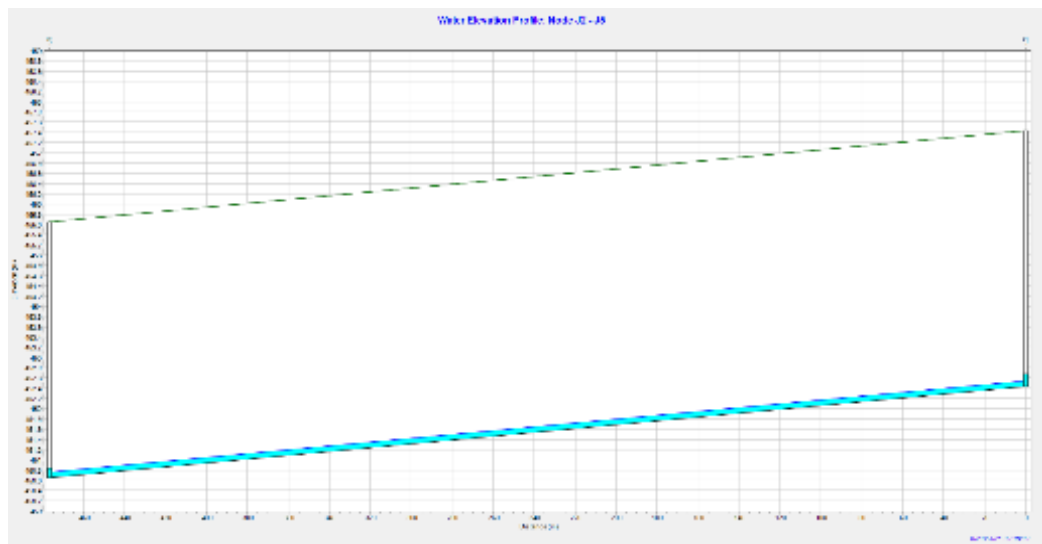


Gambar 11. Profil Aliran Saluran C5

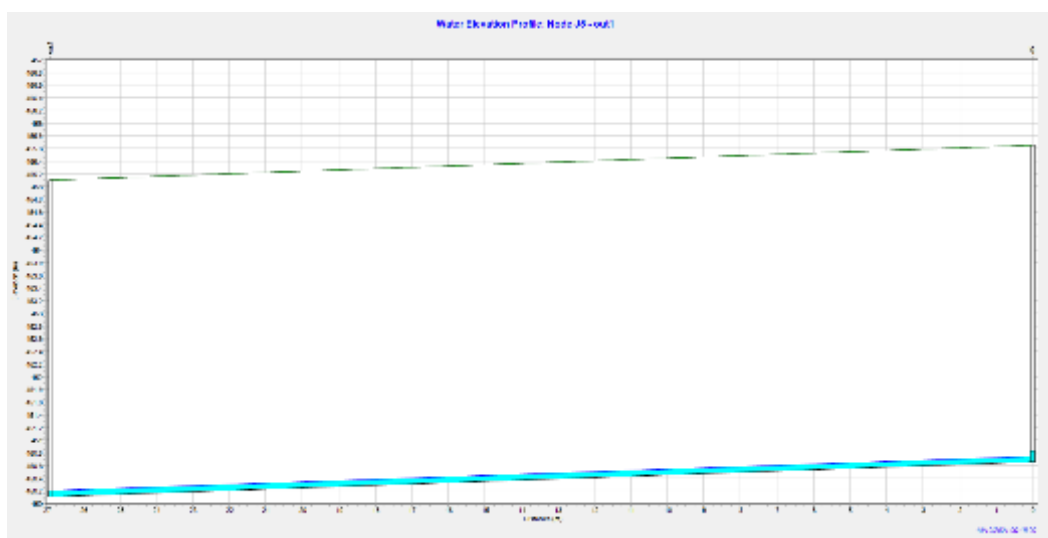
Terlihat pada J2 dan J5 mengalami kenaikan muka air, yang disebabkan oleh perbedaan lebar saluran. Pada saat debit tinggi mengalir akan terjadi penumpukan sejumlah volume air di persimpangan, sehingga air akan meluap dari badan saluran. Setelah di redesain maka profil aliran didapatkan sebagai berikut ini :



Gambar 12. Profil Aliran Saluran Baru C2



Gambar 13. Profil Aliran Saluran Baru C3



Gambar 14. Profil Aliran Saluran Baru C5

Pada profil aliran dengan dimensi baru tampak terlihat air mengalir tanpa melebihi batas tanggul kanan dan kiri saluran. Sehingga sudah tidak terjadi luapan pada kedua sisi tanggul. Untuk itu saluran di Jalan Letjen Sutoyo dinyatakan tidak dapat menampung debit dari hujan dengan kala ulang 25 tahun dengan data dari tahun 2011 hingga 2020. Alternatif penambahan dimensi hingga ketinggian 5m, di harapkan dapat menampung debit banjir yang lebih besar, sehingga banjir di titik J2 dan J5 dapat dikendalikan.

4. KESIMPULAN

Evaluasi kapasitas saluran drainase untuk saluran drainase di Jalan Letjen Sutoyo Kota Malang, dilakukan dengan perhitungan manual dan dengan software SWMM. Hasil yang diperoleh dari perhitungan kapasitas saluran drainase adalah sebesar 13.6 – 29.09 m³/dt. Profil aliran yang terbentuk tidak melebihi tinggi saluran, akan tetapi di 2 titik terdapat luapan yaitu di titik J2 dan J5, pada pertemuan saluran. Kondisi tersebut sesuai dengan keadaan lapangan pada saat hujan lebat. Usulan yang diberikan peneliti yaitu redesain saluran dengan menambah kedalaman saluran mulai dari titik J2 hingga outlet, untuk mengatasi banjir di titik tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. I. Ibrahim, Abdullah Irwansyah, “Aplikasi Software SWMM untuk Studi Permasalahan Banjir pada Kawasan Politeknik Negeri Lhokseumawe,” *PORTAL J. Tek. Sipil*, vol. 10, pp. 1–5, 2018.
- [2] Y. Fransiska, J. Junaidi, and B. Istijono, “Simulasi Dengan Program EPA SWMM Versi 5.1 Untuk Mengendalikan Banjir pada Jaringan Drainase Kawasan Jati,” *J. Civronlit Unbari*, vol. 5, no. 1, p. 38, 2020, doi: 10.33087/civronlit.v5i1.56.
- [3] R. Faizal, N. A. Prsetya, Z. Alstony, and A. Rahman, “Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) dalam Mencegah Genangan Air di Kota Tarakan,” *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 143–154, 2019.
- [4] D. Rohmat, “Tipikal Kuantitas Infiltrasi Menurut Karakteristik Lahan, Forum Geografi,” *Forum Geogr.*, vol. 23, no. 1, pp. 41–56, 2009.
- [5] L. A. Rossman, “Storm Water Management Model - SWMM 5.0 Users Manual.pdf,” no. July, 2010.
- [6] F. Ekananda, N. H. Pandjaitan, and M. I. Rau, “Evaluasi Saluran Drainase di Perumahan Alam Sinar Sari Kabupaten Bogor Jawa Barat,” *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 4, no. 3, pp. 219–232, 2019, doi: 10.29244/jsil.4.3.219-232.
- [7] R. Kurnia, S. E. Priana, and F. Herista, “Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon Kabupaten Lima Puluh Kota,” vol. 1, no. 2, pp. 138–146, 2022.
- [8] H. Djafar, L. M. Limantara, and R. Asmaranto, “Studi AnalisisKebutuhan Jumlah Stasiun Hujan Berdasarkan Evaluasi Perbandingan Antara Analisa Hidrograf Banjir dan Banjir Historis pada DAS Limboto Provinsi Gorontalo,” *J. Tek. Pengair.*, vol. 5, no. 2, pp.

172–181, 2014.

- [9] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offse, 2010.
- [10] S. A. Fajriyah and E. Wardhani, “Analisis Hidrologi untuk Penentuan Metode Intensitas Hujan di Wilayah Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor,” *J. Serambi Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 900–913, 2020, doi: 10.32672/jse.v5i2.1917.
- [11] R. I. Restu Wigati, “Teknologi Sumur Resapan dalam Kajian Pemaparan Hidrograf Banjir Sub DAS Ciujung,” pp. 12–24, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jft.v3i1.1711>.
- [12] W. Samsudin, “Analisis Statistik dalam Pendugaan Curah Hujan Studi Kasus di DAS Ciliwung Hulu,” *J. Apl. Stat. Komputasi Stat.*, pp. 39–50, 2015.
- [13] R. A. Syuhada, Y. L. Handayani, and B. Sujatmoko, “Analisa Debit Banjir menggunakan EPA SWMM di Sub DAS Kampar Kiri (Studi Kasus : Desa Lipat Kain, Kampar Kiri),” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2016.
- [14] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [15] B. Sri Harto, *Hidrologi Teknik*. 1993.
- [16] E. Zainuri, H. Suprijanto, and D. Sisingsih, “Studi Perencanaan Dinding Penahan Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Sungai Meduri Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah,” *J. Tek. Pengair.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: 10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.01.