

Analisis Sensitivitas dan Kalibrasi Model Hujan-Debit 1D Menggunakan SWMM pada DTA Medokan Semampir, Kota Surabaya

* Dhimas Krisna W¹, Yang Ratri Savitri¹, Satria Damarnegara¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kota Surabaya, Jawa Timur

^{*}dhimaskrisna08@gmail.com

Abstract

Rainfall-runoff modeling using the Storm Water Management Model (SWMM) is widely used to represent urban drainage systems; however, the accuracy of the model results is highly influenced by the selection of model parameters and the calibration process that reflects actual field conditions. This study aims to conduct a sensitivity analysis of model parameters to identify the parameters that significantly influence simulation results, thereby obtaining a parameter configuration capable of representing actual urban drainage system conditions.

The sensitivity analysis was carried out using the one-factor-at-a-time parameter variation method to identify the influence level of each parameter on model responses, including surface runoff, infiltration, and channel discharge. The analyzed parameters included Curve Number (CN), N overland flow, depression storage, and channel Manning's N. Subsequently, the sensitive parameters were used in the model calibration and validation processes.

The sensitivity analysis results showed that the most influential parameter on surface runoff was Curve Number (CN) with a sensitivity of 5.3%, followed by N overland flow at 2.0%, while the other parameters had minimal influence. For infiltration, CN showed a highly dominant influence of 88.9%. Furthermore, the parameter with the greatest influence on channel discharge was channel Manning's n at 42.3%, followed by N overland flow at 5.1% and CN at 2.2%. The calibration results indicated that the parameter configuration derived from the sensitivity analysis was able to produce simulations that qualitatively matched the actual inundation locations in the field, although quantitative validation could not be performed due to the limited availability of observed discharge and water level data.

Keywords: SWMM, Rainfall-runoff Model, Sensitivity Analysis, Parameter Calibration, Drainage Modeling, Urban Drainage

Abstrak

Pemodelan hujan-debit menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM) banyak digunakan dalam merepresentasikan sistem drainase perkotaan, namun akurasi hasil model sangat dipengaruhi oleh pemilihan parameter model dan proses kalibrasi yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis sensitivitas parameter yang berguna untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap hasil simulasi sehingga dapat diperoleh konfigurasi parameter model yang mampu merepresentasikan kondisi sistem drainase perkotaan aktual.

Analisis sensitivitas dilakukan dengan metode perubahan parameter secara individual untuk mengidentifikasi tingkat pengaruh masing-masing parameter terhadap respon model, meliputi limpasan permukaan, infiltrasi, dan debit saluran. Parameter yang dianalisis meliputi *Curve Number* (CN), *N overland flow*, *depression storage*, dan *N Manning* saluran. Selanjutnya, parameter sensitif digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi model.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap limpasan permukaan adalah *Curve Number* (CN) sebesar 5,3%, diikuti oleh *N overland flow* sebesar 2,0%, sedangkan parameter lainnya memberikan pengaruh yang sangat kecil. Terhadap infiltrasi, CN menunjukkan pengaruh yang sangat dominan sebesar 88,9%. Selanjutnya, pengaruh parameter terhadap debit di saluran adalah *N Manning* saluran sebesar 42,3%, diikuti oleh *N overland flow* sebesar 5,1% dan CN sebesar 2,2%. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa konfigurasi parameter hasil analisis sensitivitas mampu menghasilkan simulasi yang menunjukkan kesesuaian kualitatif terhadap lokasi genangan aktual di lapangan, meskipun validasi kuantitatif belum dilakukan karena keterbatasan data observasi debit dan tinggi muka air.

Kata Kunci: SWMM, Model Hujan-debit, Analisis Sensitivitas, Kalibrasi Parameter, Pemodelan Drainase, Drainase Perkotaan

PENDAHULUAN

Banjir perkotaan merupakan salah satu permasalahan utama pada kawasan dengan tingkat urbanisasi tinggi akibat meningkatnya luas permukaan kedap air, berkurangnya kapasitas infiltrasi, serta keterbatasan sistem drainase dalam mengalirkan limpasan saat kejadian hujan intensitas tinggi. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya frekuensi genangan yang berdampak pada gangguan aktivitas masyarakat, infrastruktur transportasi, hingga kerugian ekonomi (Ky dkk., 2018). Masalah banjir umumnya banyak terjadi di kawasan perkotaan besar, termasuk Surabaya. Sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia, Surabaya mengalami

pertumbuhan jumlah penduduk yang cukup signifikan. Kondisi ini dipengaruhi oleh tingginya urbanisasi, di mana banyak masyarakat memilih menetap di wilayah perkotaan karena adanya peluang ekonomi dan lapangan pekerjaan yang dinilai lebih baik (Savitri dkk., 2021). Salah satu kawasan yang masih mengalami genangan berulang adalah Medokan Semampir, Surabaya Timur, meskipun telah dilengkapi infrastruktur pengendali banjir (Manahan, 2017). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi performa sistem drainase terhadap respons hujan aktual.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital dan kemampuan komputasi, *Storm Water Management Model* (SWMM) telah menjadi salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk analisis dan evaluasi sistem

drainase perkotaan (Al Amin, 2020). SWMM menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dalam menganalisis aliran air permukaan dengan mempertimbangkan berbagai parameter fisik dan hidrologis, seperti tutupan lahan, intensitas hujan, dan infiltrasi (Ballinas-González dkk., 2020).

Ketelitian hasil simulasi Stormwater Management Model (SWMM) sangat dipengaruhi oleh parameter yang ditentukan oleh pengguna (Shao dkk., 2025). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa parameter dalam model SWMM memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap hasil simulasi. Parameter curah hujan, luas *subcatchment*, dan kedalaman saluran diketahui memiliki sensitivitas tinggi terhadap output model (Akdoğan Z & Güven B, 2016). Selain itu, penelitian pada kawasan *airport airfield area* menunjukkan bahwa parameter N Manning dan N *overland flow* berpengaruh terhadap debit puncak dan waktu menuju debit puncak (Peng dkk., 2024). Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini berfokus pada sensitivitas parameter *Curve Number* (CN), koefisien N Manning pada saluran, N *overland flow*, serta *depression storage* pada sistem drainase perkotaan terhadap hasil model, seperti infiltrasi, limpasan permukaan, dan debit aliran pada saluran dengan validasi berdasarkan kondisi genangan aktual di lapangan.

Dalam proses pemodelan hujan-debit, analisis sensitivitas merupakan tahapan penting untuk memahami pengaruh perubahan parameter terhadap hasil simulasi. Oleh karena itu, analisis sensitivitas diperlukan untuk mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap hasil simulasi (Akdoğan Z & Güven B, 2016), sehingga proses kalibrasi model dapat dilakukan secara lebih efisien dan terarah. Pendekatan ini juga membantu dalam memahami respons model terhadap perubahan parameter tertentu serta mengurangi ketidakpastian dalam proses penentuan parameter model, sehingga kombinasi parameter yang dipilih lebih representatif terhadap kondisi aktual.

Proses kalibrasi dan validasi merupakan tahapan penting dalam model SWMM agar hasil simulasi dapat merepresentasikan kondisi drainase aktual secara memadai. Namun, pada studi drainase perkotaan di Indonesia, ketersediaan data observasi kuantitatif seperti debit aliran atau tinggi muka air sering kali terbatas, sehingga validasi model secara kuantitatif sulit dilakukan. Kondisi ini menjadi tantangan dalam memperoleh model SWMM yang terkalibrasi dan cukup representatif untuk mendukung analisis genangan perkotaan. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian dalam hal bagaimana melakukan pemilihan parameter sensitif dan proses kalibrasi model secara efisien pada kondisi keterbatasan data observasi kuantitatif. Dalam kondisi tersebut, validasi kualitatif berdasarkan kesesuaian lokasi genangan aktual dapat menjadi pendekatan alternatif untuk menilai performa model (Kim dkk., 2014). Meskipun pendekatan ini terbatas pada evaluasi pola spasial genangan dan tidak menunjukkan akurasi kuantitatif debit maupun tinggi muka air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter SWMM yang paling sensitif terhadap limpasan permukaan, infiltrasi, dan debit saluran, menyusun

konfigurasi parameter hasil kalibrasi, serta mengevaluasi kesesuaian hasil simulasi model terhadap kondisi genangan aktual secara kualitatif pada wilayah dengan keterbatasan data observasi kuantitatif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai parameter yang paling berpengaruh terhadap respons model SWMM serta mendukung pengembangan pendekatan pemodelan drainase perkotaan yang lebih representatif pada kondisi keterbatasan data lapangan.

METODE

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, analisis hujan kawasan, pemodelan SWMM, analisis sensitivitas, serta kalibrasi dan validasi kualitatif.

A. Pengumpulan Data

Data yang mendukung dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga, diantaranya data hidrologi, data spasial, dan data hidraulik. Data pendukung yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Pendukung Studi

| No | Parameter | Data yang digunakan | Sumber Data | Ketersediaan Data |
|----|-----------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------|
| 1 | Hidrologi | Curah Hujan Harian | PUSDA JATIM | 4 stasiun hujan (2004 - 2024) |
| 2 | Spasial | 1. Peta Tata Guna Lahan | Planet Labs | Raster TIFF resolusi 3 x 3 m |
| | | 2. <i>Soil Type</i> | HYSOG | Raster TIFF resolusi 250 x 250 m |
| | | 3. Peta Genangan Historis | DSDABM | Shapefile |
| 3 | Hidraulik | Data Teknis Saluran Drainase (SDMP) | DSDABM | AutoCAD |

Sumber: Hasil pengumpulan data (2026)

Dari Tabel 1 data curah hujan harian dari empat stasiun berada pada stasiun hujan Wonokromo, Gubeng, Wonorejo, dan Keputih. Data curah hujan ini digunakan untuk analisis hujan kawasan menggunakan metode Poligon Thiessen, kemudian hasil hujan kawasan harian dianalisis distribusi hujannya sebagai input pada model SWMM. Data peta tata guna lahan yang bersumber dari citra Planet Labs digunakan untuk menentukan karakteristik tutupan lahan, sedangkan data soil type dari HYSOG digunakan untuk menentukan karakteristik tanah sebagai dasar penentuan parameter *Curve Number* (CN). Peta genangan historis dari DSDABM dimanfaatkan sebagai data pembanding dalam validasi model secara kualitatif melalui kesesuaian lokasi genangan hasil simulasi dengan kondisi genangan aktual. Selanjutnya, data teknis saluran drainase (SDMP) digunakan untuk membangun jaringan drainase pada model SWMM.

B. Analisis Hujan

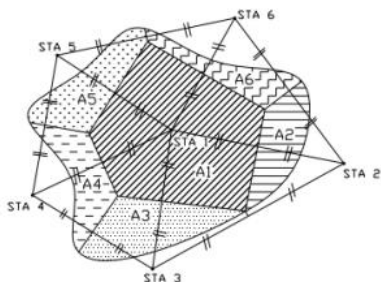
Analisis hidrologi meliputi penentuan stasiun hujan yang berpengaruh pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Medokan Semampir, serta menghitung curah hujan harian rata-rata daerah menggunakan Metode Poligon Thiessen (Triatmodjo, 2008). Metode ini memperhitungkan bobot pada setiap stasiun hujan berdasarkan luas daerah pengaruhnya. Luas pengaruh tiap stasiun diperoleh dengan menghubungkan antar stasiun hujan dengan suatu garis sehingga membentuk poligon seperti pada Gambar 1,

kemudian hujan rata-rata kawasan dihitung berdasarkan proporsi luas masing-masing poligon terhadap total wilayah studi seperti pada persamaan 1 berikut.

$$R = \frac{R_1A_1 + R_2A_2 + \dots + R_nA_n}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

- R : curah hujan harian rerata maksimum (mm)
Rn : curah hujan pada stasiun penakar hujan (mm)
An : luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan (km²)



Gambar 1 Poligon Thiessen
Sumber: Suripin (2004)

Selanjutnya, penentuan distribusi hujan jam-jaman menggunakan Persamaan Lauw (2012) dalam (Harto Brotowiryatmo, 2016). Durasi hujan digunakan selama 3 jam pada simulasi SWMM ditetapkan berdasarkan kejadian banjir aktual di Kota Surabaya yang dilaporkan terjadi akibat hujan dengan durasi sekitar tiga jam, sebagaimana diberitakan oleh media lokal. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam merepresentasikan karakteristik kejadian hujan aktual pada wilayah studi, sehingga input hujan yang digunakan dalam model lebih mendekati kondisi lapangan saat peristiwa genangan terjadi. Untuk menghitung pendistribusian hujan menggunakan persamaan 2 berikut ini.

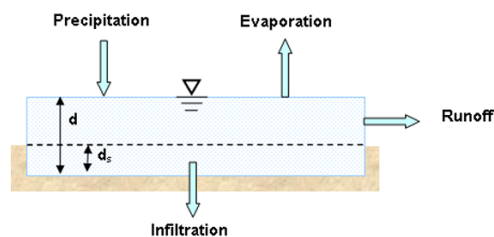
$$Y = -0.01X^2 + 2.14X - 10.38 \quad (2)$$

- Y : persentase kumulatif curah hujan
X : persentase kumulatif durasi hujan

C. Model Hujan – Debit SWMM

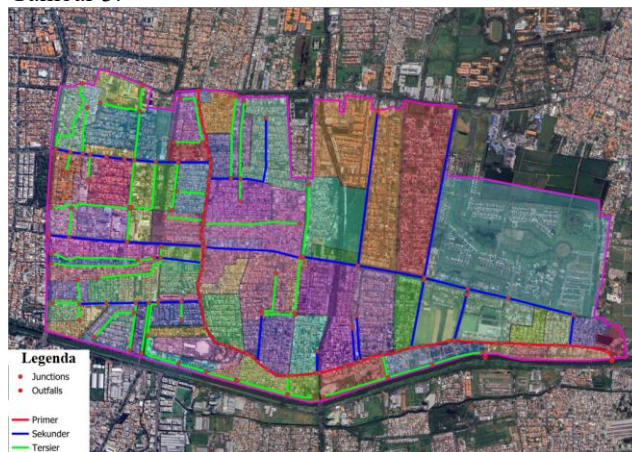
Pemodelan hujan – debit pada studi ini dilakukan menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM) versi 5.2 dengan pendekatan model satu dimensi (1D). SWMM digunakan untuk mensimulasikan proses transformasi hujan menjadi debit limpasan permukaan serta aliran atau yang disebut model hujan-debit pada jaringan drainase berdasarkan karakteristik Daerah Tangkapan Air (DTA) Medokan Semampir.

Konsep dasar pemodelan SWMM dapat dilihat pada Gambar 2 model SWMM mempertimbangkan komponen curah hujan, infiltrasi, dan evaporasi untuk memperoleh respons hujan-debit. Dalam proses pemodelan, curah hujan berperan sebagai volume air yang masuk, sedangkan infiltrasi dan evaporasi merepresentasikan kehilangan air dari permukaan. Selisih antara masukan dan kehilangan air tersebut menghasilkan akumulasi genangan pada daerah tangkapan, yang selanjutnya dikonversi menjadi limpasan permukaan dan aliran ke sistem drainase (Savitri dkk., 2024).



Gambar 2. Konsep Pemodelan SWMM
Sumber: Rossman (2022)

Model SWMM pada studi ini terdiri dari 77 *subcatchment*, 45 saluran tersier, 14 saluran sekunder, dan 1 saluran primer. Input pembagian *subcatchment* berdasarkan data *Surabaya Drainage Master Plan* (SDMP). Skematik model dari sistem drainase dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Skema Model SWMM
Sumber: Hasil model SWMM (2026)

D. Analisis Sensitivitas Parameter

Analisis sensitivitas parameter dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat pengaruh perubahan parameter model terhadap respons simulasi SWMM, meliputi total debit limpasan permukaan pada masing-masing *subcatchment*, total infiltrasi pada masing-masing *subcatchment*, dan debit saluran pada masing-masing saluran. Analisis dilakukan dengan mengubah nilai parameter tertentu pada beberapa skenario, sementara parameter lainnya dipertahankan tetap. Parameter yang dianalisis meliputi *Curve Number* (CN), *N overland flow*, *depression storage*, dan *N Manning* saluran.

Nilai keluaran model dari setiap skenario, seperti debit limpasan pada masing-masing *subcatchment*, terlebih dahulu direkap kemudian dihitung nilai rata-ratanya sebagai representasi respons model. Tingkat sensitivitas parameter dihitung berdasarkan persentase perubahan antara nilai minimum dan maksimum hasil simulasi yang diperoleh dari seluruh skenario perubahan parameter, menggunakan persamaan 3 berikut

$$S = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_{min}} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

- S : sensitivitas parameter (%)
X_{max} : nilai rerata hasil simulasi maksimum dari skenario parameter
X_{min} : nilai rerata hasil simulasi minimum dari skenario parameter

Untuk penentuan skenario untuk mengidentifikasi tingkat pengaruh perubahan parameter model dapat dilihat seperti pada dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Skenario Model Analisis Sensitivitas Parameter SWMM

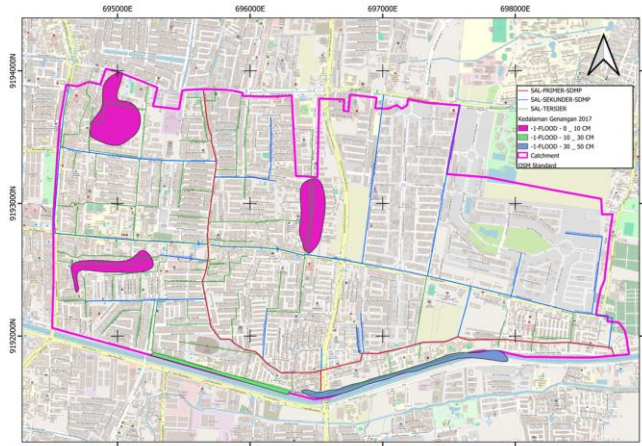
| Kode Skenario | Parameter yang disesuaikan |
|---------------|---|
| P1 | Base model (semua parameter digunakan rentang nilai tengah) |
| P2 | N <i>overland flow</i> menggunakan nilai Minimum |
| P3 | N <i>overland flow</i> menggunakan nilai maksimum |
| P4 | CN menggunakan nilai minimum |
| P5 | CN menggunakan nilai maksimum |
| P6 | Depression storage menggunakan nilai minimum |
| P7 | Depression storage menggunakan nilai maksimum |
| P8 | N Manning saluran menggunakan nilai minimum |
| P9 | N Manning saluran menggunakan nilai maksimum |

Sumber: Hasil perhitungan (2026)

E. Kalibrasi dan Validasi Model

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara *trial and error* melalui penyusunan beberapa skenario model pada SWMM dengan parameter yang ditinjau secara bergantian terhadap satu skenario acuan. Skenario *base model* menggunakan nilai parameter rata – rata dari rentang parameter yang telah ditentukan, kemudian masing – masing parameter, yaitu N *overland flow*, CN, *depression storage*, dan koefisien N Manning saluran, yang selanjutnya dicoba-coba hingga didapatkan parameter yang sesuai.

Selanjutnya, validasi model dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan hasil simulasi pada tiap saluran terhadap kondisi aktual berdasarkan Gambar 4 berikut. Model dinyatakan memiliki kesesuaian kualitatif apabila lokasi genangan yang ditandai dengan kapasitas saluran mencapai maksimum pada hasil model SWMM menunjukkan pola yang relatif sesuai dengan peta genangan historis dan didukung melalui wawancara serta observasi kondisi lapangan.

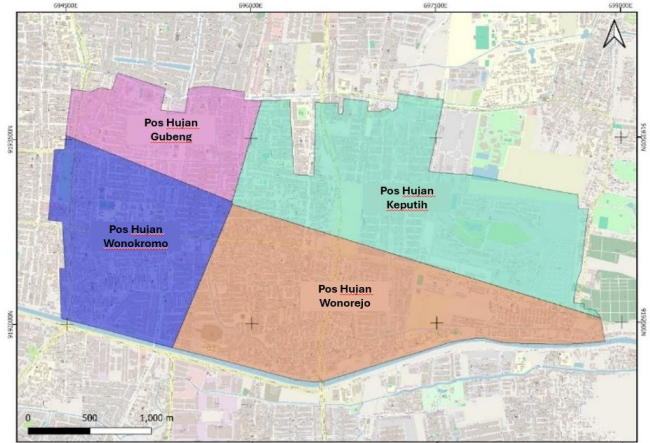


Gambar 4. Peta Genangan Historis
Sumber: DSDABM Kota Surabaya (2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hujan Kawasan Daerah Tangkapan Air

Curah hujan kawasan pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Medokan Semampir ditentukan berdasarkan stasiun curah hujan yang berpengaruh pada wilayah studi yang selanjutnya dianalisis dengan Poligon Thiessen Gambar 5. Sehingga didapatkan hasil analisis Tabel 3 Stasiun Keputih memiliki luas pengaruh sedikit lebih besar dibandingkan Wonorejo, sehingga keduanya menjadi stasiun dominan dalam perhitungan hujan kawasan.



Gambar 5 Peta Hujan Kawasan Metode Poligon Thiessen
Sumber: Hasil perhitungan (2026)

Tabel 3. Hujan Kawasan DTA Medokan Semampir

| NO. | Stasiun Curah Hujan | Luas Daerah Pengaruh km ² | Koef |
|--------|---------------------|---|------|
| 1 | Wonokromo | 1,518 | 0,20 |
| 2 | Gubeng | 0,904 | 0,12 |
| 3 | Wonorejo | 2,594 | 0,34 |
| 4 | Keputih | 2,609 | 0,34 |
| JUMLAH | | 7,625 | 1,00 |

Sumber: Hasil Perhitungan (2026)

Dari hasil analisis hujan kawasan selanjutnya dilakukan perhitungan hujan kawasan. Studi ini menggunakan data curah hujan harian yaitu pada tanggal 24 November 2017, hal ini dikarenakan data genangan yang tersedia pada tahun 2017. Curah hujan harian kawasan yang didapat sebesar 120,38 mm.

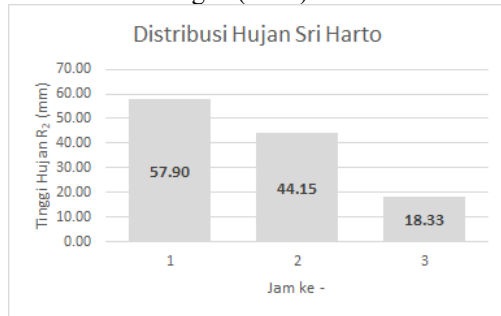
B. Analisis Hujan Jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman hasil analisis dengan durasi hujan 3 jam disajikan pada Gambar 6. Durasi hujan ditentukan berdasarkan informasi kejadian hujan aktual pada lokasi studi yang bersumber dari media lokal pada kejadian banjir 24 November 2017. Dari hasil perhitungan tinggi hujan puncak terjadi pada jam pertama dan polanya turun hingga jam ke tiga.

Tabel 4 Distribusi Hujan Jam-jaman

| X (Jam) | Y Jam-jaman (%) | R _{distribusi} (mm) |
|------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 48.10 | 57.90 |
| 2 | 36.67 | 44.15 |
| 3 | 15.23 | 18.33 |
| TOTAL | 100.00 | 120.38 |

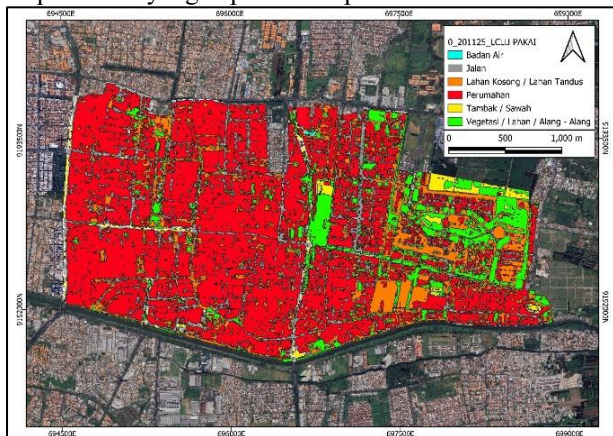
Sumber: Hasil Perhitungan (2026)



Gambar 6. Distribusi Hujan Jam-jaman
Sumber: Hasil perhitungan (2026)

C. Analisis Karakteristik Daerah Tangkapan Air

Lokasi studi dibagi menjadi beberapa tutupan lahan, diantaranya perumahan, jalan, lahan kosong/lahan tandus, tambak/sawah, vegetasi, dan badan air seperti pada Gambar 7. Parameter karakteristik dari Daerah Tangkapan Air (DTA) dianalisis, diantaranya luas masing – masing tutupan lahan yang dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 7 Peta Tutupan Lahan Daerah Tangkapan Air Lokasi Studi

Sumber: Analisis spasial berdasar data satelit (2026)

Tabel 5 Luas dan Persentase Tutupan Lahan

| No | Tutupan Lahan | Simbologi | Luas (km ²) | Persentase (%) |
|----|-----------------------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| 0 | Badan Air | | 0,005 | 0,07% |
| 1 | Tambak / Sawah | | 0,186 | 2,44% |
| 2 | Jalan | | 1,008 | 13,22% |
| 3 | Vegetasi | | 0,778 | 10,20% |
| 4 | Lahan Kosong / Lahan Tandus | | 1,389 | 18,22% |

| No | Tutupan Lahan | Simbologi | Luas (km ²) | Persentase (%) |
|-------|---------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| 5 | Perumahan | | 4,259 | 55,86% |
| Total | | | 7,625 | 100,00% |

Sumber: Hasil Perhitungan (2026)

Selanjutnya parameter karakteristik DTA yang digunakan dalam pemodelan SWMM ditentukan berdasarkan klasifikasi tata guna lahan dan karakteristik hidrologi kawasan studi dengan mengacu SWMM 5.2 *user guide*. Parameter yang digunakan meliputi *N overland flow*, *N Manning saluran*, *Curve Number (CN)*, dan *depression storage*, yang masing – masing disajikan pada Tabel 6 hingga Tabel 9. Setiap parameter ditentukan berdasarkan rentang minimum hingga maksimum untuk merepresentasikan variasi karakteristik permukaan dan sistem drainase pada wilayah studi. Rentang parameter ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan skenario analisis sensitivitas untuk melihat pengaruh perubahan parameter terhadap hasil model.

Tabel 6 Rentang Nilai Parameter *N Overland Flow*

| Klasifikasi N-Imperv/N-Perv | Rentang Nilai N | | |
|-----------------------------|-----------------|--------|----------|
| | Minimum | Rerata | Maksimum |
| Badan Air | 0.015 | 0.015 | 0.015 |
| Tambak / Sawah | 0.06 | 0.13 | 0.17 |
| Jalan | 0.011 | 0.012 | 0.013 |
| Vegetasi | 0.15 | 0.195 | 0.24 |
| Lahan Kosong / Lahan Tandus | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Permukiman | 0.012 | 0.02 | 0.024 |

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026)

Tabel 7 Rentang Nilai *N Manning Saluran*

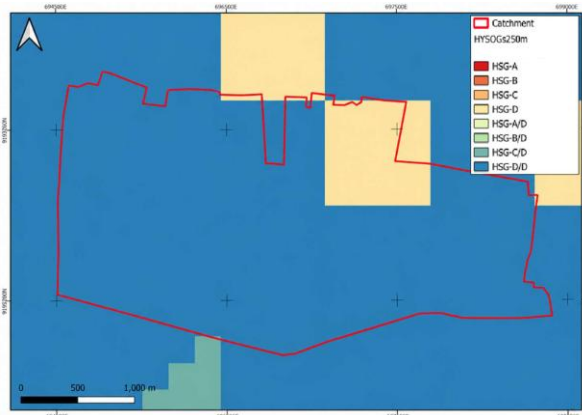
| Klasifikasi <i>N Manning Saluran</i> | Rentang Nilai N | | |
|--------------------------------------|-----------------|--------|----------|
| | Minimum | Rerata | Maksimum |
| Primer | 0.025 | 0.0325 | 0.04 |
| Sekunder (Plengsengan) | 0.02 | 0.0275 | 0.035 |
| Tersier (BC / Uditch) | 0.011 | 0.0155 | 0.02 |

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026)

Tabel 8 Rentang Nilai *Depression Storage*

| Klasifikasi <i>Depression Storage</i> | Rentang Nilai <i>Dstorage</i> (mm) | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|--------|----------|
| | Minimum | Rerata | Maksimum |
| <i>Impervious surfaces</i> | 1.27 | 1.905 | 2.54 |
| <i>Lawns</i> | 2.54 | 3.81 | 5.08 |
| <i>Pasture</i> | 5.08 (hanya memiliki 1 nilai) | | |
| <i>Forest litter</i> | 7.62 (hanya memiliki 1 nilai) | | |

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026)



Gambar 8 Peta Jenis Tanah HYSOG

Sumber: Analisis spasial berdasar data HYSOG (2026)

Curve Number (CN) ditentukan berdasarkan tutupan lahan dan klasifikasi kelompok tanah yang didapat dari data jenis tanah HYSOG seperti pada Gambar 8. Jenis tanah di lokasi studi termasuk dalam kelompok tanah kelas D, yang memiliki potensi limpasan tinggi, sehingga nilai CN cenderung memiliki nilai yang tinggi. Nilai rentang CN yang digunakan untuk setiap tata guna lahan yang digunakan pada studi ini dapat dilihat pada Tabel 9.

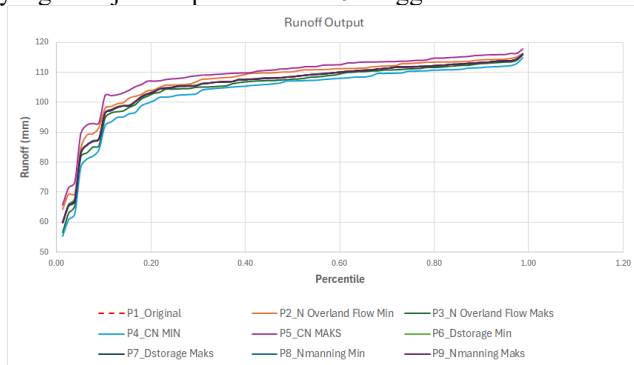
Tabel 9 Rentang Nilai Curve Number (CN) Kelas D

| Klasifikasi Curve Number | Rentang Nilai CN Class D | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|----------|
| | Minimum | Rerata | Maksimum |
| Badan Air | 100 | 100 | 100 |
| Tambak / Sawah | 81 | 86 | 91 |
| Jalan | 98 | 98 | 98 |
| Vegetasi | 80 | 82 | 84 |
| Lahan Kosong / Lahan Tandus | 80 | 82 | 84 |
| Permukiman | 92 | 93 | 95 |

Sumber: Hasil Pengolahan Data SCS Curve Number (CN) (2026)

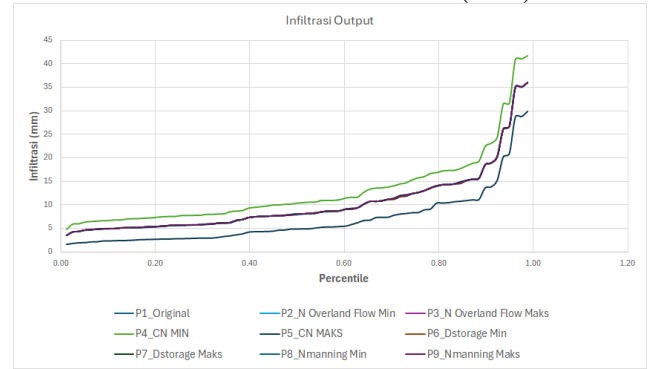
D. Analisis Sensitivitas Parameter SWMM

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh dari masing – masing parameter model SWMM terhadap respons hidrologi sistem drainase, sehingga dapat diketahui parameter mana yang berpengaruh terhadap masing – masing hasil simulasi. Parameter yang diuji meliputi N overland flow, N Manning saluran, depression storage, dan CN yang memiliki rentang nilai yang sudah ditentukan. Sensitivitas parameter dievaluasi berdasarkan perubahan hasil model berupa total debit limpasan pada tiap subcatchment, debit puncak aliran pada tiap saluran, dan total infiltrasi pada tiap subcatchment, yang ditunjukkan pada Gambar 9 hingga Gambar 11.

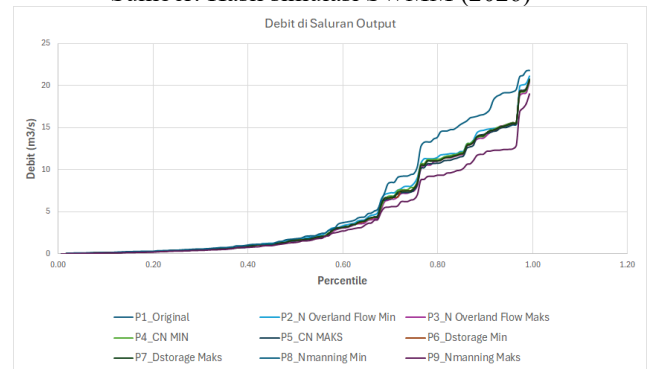


Gambar 9 Hasil Output Debit Limpasan Model

Sumber: Hasil simulasi SWMM (2026)

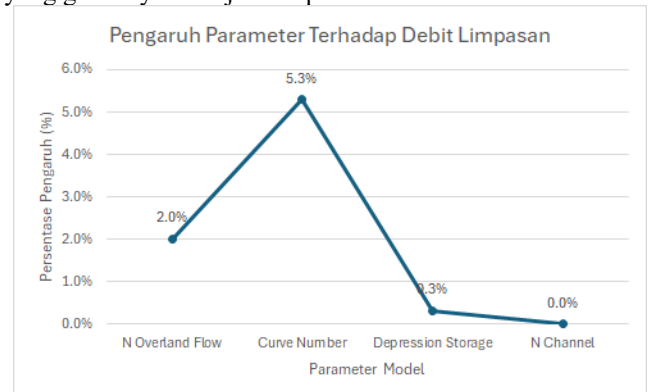


Gambar 10 Hasil Output Infiltrasi Model
Sumber: Hasil simulasi SWMM (2026)



Gambar 11 Hasil Output Debit di Saluran Model
Sumber: Hasil simulasi SWMM (2026)

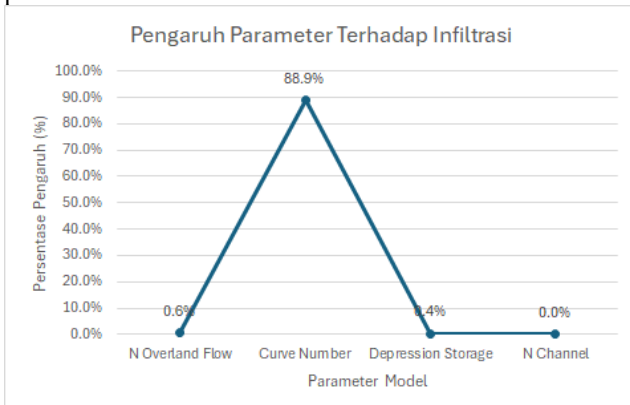
Berdasarkan hasil grafik output debit limpasan, terlihat bahwa perubahan parameter memberikan respons yang berbeda terhadap debit limpasan yang dihasilkan. Variasi nilai CN menunjukkan pengaruh paling dominan dari pada parameter lainnya. Hal ini terlihat perbedaan yang paling besar terhadap kondisi P1 (base model), di mana parameter yang digunakan adalah parameter rerata dari rentang semua parameter. peningkatan nilai CN menghasilkan limpasan yang lebih tinggi, sedangkan penurunan CN menurunkan debit limpasan. Secara persen pengaruh, sensitivitas CN terhadap debit limpasan mencapai 5,3%, lebih tinggi dari N overland flow sebesar 2,0%, depression storage 0,3%, dan N Manning saluran yang tidak mempengaruhi debit limpasan sebesar 0,0% yang grafiknya ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Sensitivitas Parameter Terhadap Debit Limpasan

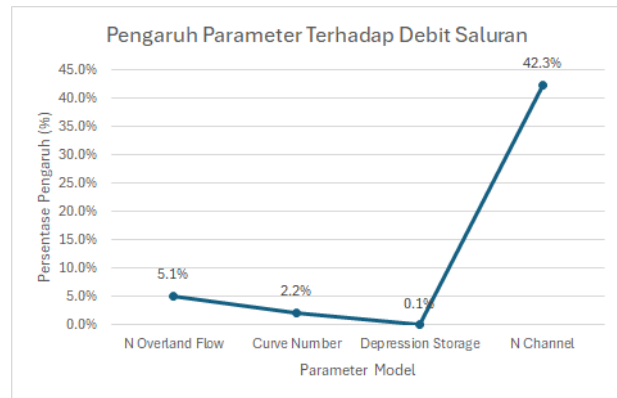
Sumber: Hasil perhitungan (2026)

Pada hasil output infiltrasi Gambar 10, pengaruh parameter terlihat lebih dominan pada CN. Grafik menunjukkan bahwa perubahan nilai CN menghasilkan perbedaan infiltrasi yang sangat besar dibandingkan perubahan parameter *N overland flow*, *depression storage*, dan *N Manning* saluran menghasilkan kurva yang relatif berdekatan, sehingga pengaruhnya terhadap infiltrasi cenderung kecil dan kurang terlihat secara visual grafik. CN dengan sensitivitas mencapai 88,9%, Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan parameter lainnya *N overland flow* sebesar 0,6%, *depression storage* sebesar 0,4% dan *N Manning* saluran sebesar 0,0% seperti yang terlihat pada grafik Gambar 13. Hasil ini menunjukkan bahwa proses infiltrasi dalam model SWMM sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari tutupan lahan yang direpresentasikan oleh parameter CN. Semakin kecil nilai CN, semakin tinggi kemampuan tanah menyerap air. Sementara itu, parameter lain hanya memberikan sedikit pengaruh karena tidak secara langsung mempengaruhi proses infiltrasi. Namun, dominasi parameter CN terhadap infiltrasi pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh metode infiltrasi yang digunakan dalam SWMM. Pada metode infiltrasi CN, parameter CN secara langsung mengontrol besarnya infiltrasi dan limpasan permukaan, sehingga wajar apabila sensitivitas parameter CN menjadi sangat dominan dibandingkan parameter lainnya. Oleh karena itu, nilai sensitivitas sebesar 88,9% perlu dipahami sebagai hasil yang spesifik terhadap pemilihan metode infiltrasi CN dalam model SWMM.



Gambar 13 Sensitivitas Parameter Terhadap Infiltrasi
Sumber: Hasil perhitungan (2026)

Pada hasil output debit puncak aliran pada tiap saluran menunjukkan pengaruh tertinggi terhadap koefisien *N Manning* saluran dengan nilai sebesar 42,3%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kekasaran saluran memengaruhi kapasitas pengaliran debit di saluran. Nilai *N Manning* yang lebih kecil menyebabkan aliran bergerak lebih cepat sehingga debit puncak meningkat, sedangkan nilai *N Manning* yang lebih besar meningkatkan hambatan aliran sehingga debit menurun. Parameter lain seperti *N overland flow* memberikan pengaruh sebesar 5,1%, CN sebesar 2,2% dan *depression storage* sebesar 0,1%. Meskipun CN berpengaruh besar dalam pembentukan debit limpasan, pengaruh terhadap debit saluran relatif lebih kecil dibanding *N Manning* saluran.



Gambar 14 Sensitivitas Parameter Terhadap Debit di Saluran

Sumber: Hasil perhitungan (2026)

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, parameter CN menunjukkan pengaruh dominan terhadap output debit limpasan dan infiltrasi, sedangkan parameter koefisien *N Manning* saluran memberikan pengaruh terbesar terhadap debit aliran pada saluran. Parameter CN perlu dikalibrasi secara hati-hati karena perubahan kecil pada nilai CN dapat memberikan perubahan yang paling dominan terhadap limpasan dan infiltrasi. Sementara itu, parameter *N Manning* saluran menjadi prioritas dalam kalibrasi debit aliran saluran karena berpengaruh langsung terhadap kapasitas aliran dalam jaringan drainase. Dengan demikian, prioritas kalibrasi pada parameter yang paling sensitif dapat meningkatkan ketelitian dan efisiensi proses kalibrasi model SWMM.

E. Kalibrasi dan Validasi Model SWMM

Kalibrasi dan validasi model SWMM pada studi ini dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan hasil simulasi terhadap peta genangan aktual serta melalui wawancara dan observasi di lokasi studi, mengingat tidak tersedianya data pengukuran debit atau tinggi muka air untuk validasi kuantitatif. Hasil simulasi pada *base model* menunjukkan bahwa kondisi maksimum kapasitas yang ditandai dengan warna merah masih belum sepenuhnya sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga diperlukan proses kalibrasi untuk meningkatkan representasi model terhadap kondisi aktual.



Gambar 15 Base Model SWMM
Sumber: Hasil model SWMM (2026)

Tabel 10 Keterangan Warna Saluran Berdasarkan Rasio Kapasitas Saluran

| Warna Konduit | Rentang Nilai | Kondisi Kapasitas Saluran |
|---------------|---------------|---------------------------|
| Biru Tua | 0 – 0,25 | Kapasitas rendah |
| Biru Muda | 0,25 – 0,5 | Kapasitas sedang |
| Hijau | 0,5 – 0,75 | Kapasitas tinggi |
| Kuning | 0,75 – 0,99 | Mendekati penuh |
| Merah | 0,99 – 1 | Kapasitas maksimum |

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026)

Proses kalibrasi serta validasi dilakukan dengan *trial and error* parameter yang berkaitan dengan karakteristik aliran permukaan dan saluran beracuan dengan hasil sensitivitas parameter model. Parameter yang disesuaikan adalah N Manning saluran dan N *overland flow*. Sedangkan, parameter lain seperti CN dan *depression storage* tidak mengalami perubahan yaitu menggunakan nilai rentang tengah selama proses kalibrasi. Penyesuaian parameter ini dilakukan menyesuaikan model dengan kondisi fisik kawasan studi yang dipengaruhi oleh kepadatan bangunan, kondisi permukaan, serta karakteristik jaringan drainase *existing*. Rincian parameter hasil kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Parameter Kalibrasi Model SWMM

| Klasifikasi | Parameter | Koefisien | |
|------------------------|------------------------|------------|--------------|
| | | Base Model | Terkalibrasi |
| N <i>Overland Flow</i> | Badan Air | 0,015 | 0,015 |
| | Tambak / Sawah | 0,13 | 0,17 |
| | Jalan | 0,012 | 0,013 |
| | Vegetasi | 0,195 | 0,24 |
| | Lahan Kosong | 0,05 | 0,05 |
| | Permukiman | 0,02 | 0,024 |
| N Manning Saluran | Primer | 0,0325 | 0,04 |
| | Sekunder (Plengsengan) | 0,0275 | 0,035 |
| | Tersier (BC / Uditch) | 0,0155 | 0,02 |

Sumber: Hasil analisis (2026)

Setelah proses kalibrasi parameter, hasil simulasi yang ditampilkan Gambar 16 menunjukkan pola kapasitas maksimum saluran yang ditandai dengan saluran berwarna merah yang bernilai satu, pola genangan lebih mendekati kondisi aktual dibandingkan *base model*. Pada titik A, lokasi tersebut teridentifikasi sebagai lokasi genangan pada peta genangan aktual, namun hasil simulasi menunjukkan nilai kapasitas maksimum saluran sebesar 0,93 (warna kuning). Hasil wawancara dengan warga menunjukkan bahwa genangan di lokasi ini umumnya terjadi pada badan jalan dan dapat surut setelah dilakukan pembersihan inlet masuk air jalan ke saluran. Kondisi ini didukung oleh observasi lapangan yang menunjukkan elevasi permukiman di sisi kiri dan kanan jalan lebih tinggi, sehingga limpasan terkonsentrasi di badan jalan.

Sebaliknya, pada titik B, hasil simulasi menunjukkan nilai kapasitas maksimum saluran sebesar 1,00 (warna merah), yang mengindikasikan saluran telah mencapai kapasitas maksimum. Kondisi ini sesuai dengan hasil wawancara lapangan, di mana warga menyampaikan bahwa saluran pada lokasi tersebut memang sering penuh saat hujan. Hal ini menunjukkan bahwa model SWMM cukup mampu merepresentasikan kondisi aktual sistem

drainase, meskipun terdapat beberapa perbedaan yang dipengaruhi oleh kondisi lokal yang tidak seluruhnya terakomodasi dalam model 1D.



Gambar 16 Model SWMM Terkalibrasi

Sumber: Hasil model SWMM (2026)

Validasi model pada studi ini masih dilakukan secara kualitatif melalui perbandingan kondisi genangan hasil simulasi dengan kondisi genangan aktual di lapangan. Evaluasi performa model secara kuantitatif menggunakan parameter statistik metrik kuantitatif belum dapat dilakukan karena keterbatasan data observasi berupa debit aliran dan tinggi muka air pada lokasi penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas parameter model SWMM pada Daerah Tangkapan Air Medokan Semampir, diperoleh bahwa pengaruh parameter terhadap debit limpasan di dominasi oleh *Curve Number* (CN) sebesar 5,3, diikuti N *overland flow* sebesar 2,0%, *depression storage* sebesar 0,3%, dan N Manning saluran sebesar 0,0%. Terhadap infiltrasi, CN menunjukkan pengaruh paling dominan 88,9%, sedangkan N *overland flow* sebesar 0,6%, *depression storage* sebesar 0,4%, dan N Manning saluran sebesar 0,0%. Sementara itu, pada debit aliran di saluran, parameter yang paling berpengaruh adalah N Manning saluran sebesar 42,3%, diikuti N *overland flow* sebesar 5,1%, CN sebesar 2,2%, dan *depression storage* sebesar 0,1%. Hasil ini menunjukkan bahwa respons model SWMM sangat dipengaruhi oleh parameter yang merepresentasikan karakteristik masing – masing tutupan lahan dan saluran.

Proses kalibrasi yang dilakukan dengan penyesuaian parameter N *overland flow* dan N Manning saluran mampu meningkatkan kesesuaian hasil simulasi terhadap kondisi genangan aktual di lokasi studi. Validasi secara kualitatif melalui perbandingan peta genangan dan observasi lapangan menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan kondisi sistem drainase dengan cukup baik, meskipun masih terdapat perbedaan pada beberapa lokasi yang dipengaruhi oleh kondisi lokal seperti kondisi topografi dan hambatan aliran yang belum sepenuhnya terakomodasi dalam model 1D SWMM. Meskipun demikian, berdasarkan hasil analisis sensitivitas, parameter CN dan N Manning saluran dapat diprioritaskan dalam

proses kalibrasi model SWMM karena memiliki pengaruh paling dominan terhadap limpasan, infiltrasi, dan debit aliran saluran. Prioritas kalibrasi pada parameter yang paling sensitif tersebut dapat meningkatkan ketelitian dan efisiensi pemodelan drainase perkotaan, namun penelitian selanjutnya tetap memerlukan pengukuran lapangan untuk mendukung validasi model secara kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akdoğan Z., & Güven B. (2016). "Assessing the sensitivity of SWMM to variations in hydrological and hydraulic parameters: A case study for the city of Istanbul". *Global NEST Journal*, Vol. 18, No. 4, pp. 831–841. <https://doi.org/10.30955/gnj.001717>
- Al Amin, M. B. (2020). *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Cetakan pertama, Deepublish Publisher, Yogyakarta.
- Ballinas-González, H. A., Simuta-Champo, R., Alcocer-Yamanaka, V. H., & Canto-Rios, J. J. (2020). "Sensitivity analysis of the rainfall–runoff modeling parameters in data-scarce urban catchment". *Hydrology*, 7(4), 1–20.
- Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur. (2024). "Data curah hujan". DPU SDA Provinsi Jawa Timur, Surabaya.
- Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Kota Surabaya. (2017). "Peta genangan historis Kota Surabaya". DSDABM Kota Surabaya, Surabaya.
- Duta.co. (2017). *Parah! Ternyata Surabaya belum kebal banjir, 70 wilayahnya terendam*. <https://duta.co/parah-ternyata-surabaya-belum-kebal-banjir-70-wilayahnya-terendam>
- Harto Brotowiryatmo, S. (2016). "Review of Rainfall Hourly Distribution on the Island of Java". In *Journal of the Civil Engineering Forum*, Vol. 2, Number 1.
- Kim, B., Sanders, B. F., Han, K., Kim, Y., & Famiglietti, J. S. (2014). "Calibration of Stormwater management model using flood extent data". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, Vol. 167, No. 1, pp. 17–29. <https://doi.org/10.1680/wama.12.00051>
- Kyi, P., Win Zin, W., Tin Maung, U. (2018). "Study on Drainage Capacity by using Modified Rational Method and Storm Water Management Model". In *INTERNATIONAL JOURNAL FOR INNOVATIVE RESEARCH* Vol.3.
- Manahan. (2017). *EVALUASI SISTEM DRAINASE KAWASAN MEDOKAN SEMAMPIR*.
- Pemerintah Kota Surabaya. (2018). Laporan Akhir Surabaya Drainage Masterplan 2018–2038, Pemerintah Kota Surabaya, Surabaya.
- Peng, J., Zhao, H., Li, R., & Xue, R. (2024). "Parameter sensitivity analysis of SWMM: a case study of airport airfield area". *Natural Hazards*, Vol. 120, No. 7, pp. 6551–6568. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06453-z>
- Planet Labs PBC. (2024). PlanetScope Satellite Imagery of Surabaya Area, Planet Labs PBC, San Francisco.
- Ross, C. W., Prihodko, L., Anchang, J. Y., Kumar, S. S., Ji, W., & Hanan, N. P. (2018). *Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling (Version 1)*. ORNL Distributed Active Archive Center.
- Rossmann, L. (2022). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Savitri, Y. R., Damarneegara, S., Maulana, M. A., Lasminto, U., Teguh, N. A., Festy Margini, N., Nopember, I. T., & Nopember, S. (2024). "Channel Capacity Evaluation Model Using Storm Water Management Model". *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan* 09, 2503–2399.
- Savitri, Y. R., Kakimoto, R., Anwar, N., Wardoyo, W., & Suryani, E. (2021). "RELIABILITY OF 2D HYDRODYNAMIC MODEL ON FLOOD INUNDATION ANALYSIS". *International Journal of GEOMATE*, 21(83), 65–71. <https://doi.org/10.21660/2021.83.j2073>
- Shao, Z., Wang, J., Zhang, X., Du, J., & Yost, S. (2025). "Bridging Uncertainty in SWMM Model Calibration: A Bayesian Analysis of Optimal Rainfall Selection". *Water (Switzerland)*, Vol. 17, Issue 23.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (Edisi 1). ANDI.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Cetakan Pertama, Beta Offset.