

REVIEW SISTEM DRAINASE PARAK JAMBU DADOK TUNGGUL HITAM PADANG MENGGUNAKAN MODEL EPA-SWMM

MAS MERA*, FEBRUARMAN, FANDI ARYADWITAMA PRIADI

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Padang, Sumatera Barat.

*Corresponding Author : ✉ mas_mera@eng.unand.ac.id

Naskah diterima: 24 Maret 2024. Disetujui: 26 Mei 2024. Diterbitkan : 30 Juni 2024

ABSTRAK

Bencana banjir telah menjadi persoalan tiada akhir bagi manusia di seluruh dunia dari dulu sampai sekarang. Bencana ini bisa disebabkan oleh peristiwa alam atau akibat dari aktifitas manusia dan bahkan bisa oleh keduanya secara bersamaan. Salah satu daerah yang seringkali terjadi banjir adalah Kawasan Parak Jambu Kelurahan Dadok Tunggul Hitam di Kota Padang. Penelitian ini bertujuan untuk menanggulangi banjir yang terjadi di kawasan tersebut dengan cara simulasi numerik menggunakan model EPA SWMM v.5.2. Kondisi eksisting terdiri dari 6 *subcatchments* di Kawasan Parak Jambu ditambah 28 *subcatchments* pendukung yang berada di luar kawasan. Kesemuanya terdiri dari 281 ruas saluran (*conduits*). Hasil simulasi kondisi eksisting menunjukkan bahwa 32 ruas saluran mengalami banjir dan 6 saluran tak mengalirkan air sama sekali. Dalam menanggulangi banjir yang terjadi dilakukan dua pendekatan yaitu memodifikasi dimensi saluran eksisting dan menambah saluran baru pada pinggir *catchment* eksisting. Hasil simulasi kondisi modifikasi menunjukkan bahwa tidak ada lagi saluran yang mengalami banjir pada Kawasan Parak Jambu, dan saluran yang sebelumnya tidak mengalirkan air, menjadi mengalirkan air.

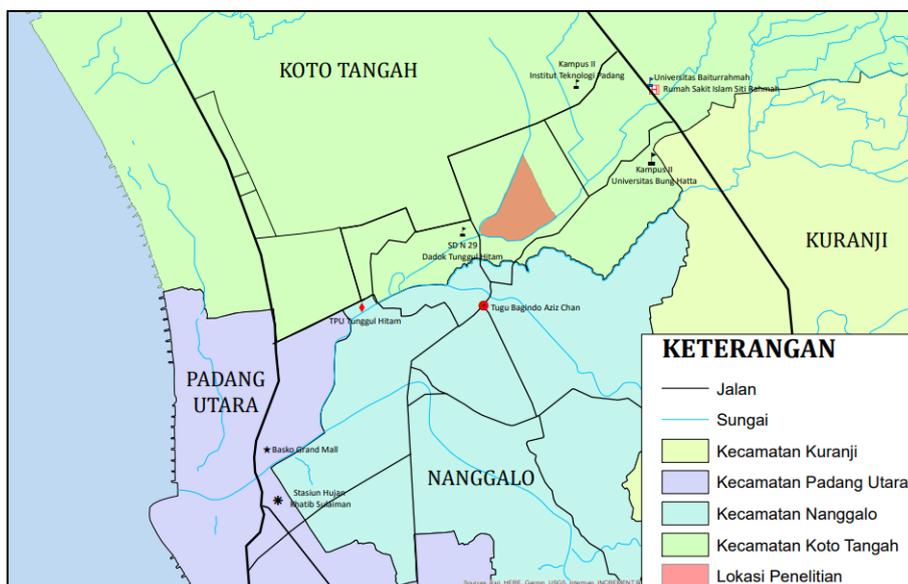
Kata kunci : Tunggul Hitam, EPA-SWMM, Drainase, Banjir Kawasan, Modifikasi Saluran

1. PENDAHULUAN

Bencana banjir telah menjadi persoalan tiada akhir bagi manusia di seluruh dunia dari dulu, sekarang, dan yang akan datang. Bencana ini bisa merupakan akibat dari peristiwa alam atau akibat dari aktifitas dan kegiatan manusia dan bahkan bisa secara bersamaan diakibatkan oleh alam dan manusia (Kodoatie, 2013). Kejadian banjir tidak dapat dicegah, tapi untuk mengurangi kerugian akibat bencana tersebut perlu dipersiapkan saluran yang mampu mengalirkan air dengan baik (Prawati & Fajri, 2021). Dalam permasalahan banjir yang seringkali dibahas adalah saluran drainase yang akan membawa air hujan menuju ke hilir. Banjir seringkali terjadi saat drainase tidak mampu menampung debit limpasan akibat air hujan sehingga air meluap dari drainase kemudian terjadilah banjir.

Di Indonesia banjir masih sering terjadi, terutama di kota-kota dengan jumlah penduduk yang relatif banyak. Seperti di wilayah Sub Sistem Drainase Beringin Kota Semarang, bahwa faktor penyebab terjadinya banjir antara lain perubahan penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah, tingkat kemiringan lereng, erosi dan sedimentasi serta kapasitas sistem drainase yang tidak memadai merupakan fenomena yang terjadi. dan proses yang saling berkaitan satu sama lain (Nugroho & Hanyani, 2021).

Bencana banjir juga sering melanda beberapa wilayah di Kota Padang. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BNPB) Kota Padang, pada hari Jum'at tanggal 13 Juli 2023 telah terjadi banjir pada sejumlah daerah di Kota Padang. Salah satu daerah banjir yang cukup parah ada di Jalan Parak Jambu Indah Kelurahan Dadok Tunggul Hitam dengan ketinggian hingga 2 meter pada pukul 04.00 dini hari sehingga warga sekitar harus dievakuasi ke tempat yang lebih aman. Kawasan Parak Jambu (yang diarsir pada Gambar 1) merupakan daerah yang seringkali terjadi banjir. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian pada Kawasan ini dengan melakukan simulasi menggunakan *software Storm Water Management Model (SWMM)*. Beberapa peneliti yang menggunakan program SWMM ini diantaranya: Mera dkk (2021) yang menguji kapasitas drainase di kompleks perumahan Safa dan Marwa Kota Padang dan membandingkan hasil simulasi dengan realitas yang terjadi dilapangan; Ulumuddin dkk (2023) yang memodelkan system pengendalian banjir Kawasan Bandara Internasional Yogyakarta menggunakan EPA SWMM sehingga dapat diketahui titik terjadinya banjir, untuk memudahkan normalisasi dan penambahan tanggul saluran; Majeed & Chinnamma (2021) memodelkan sistem drainase perkotaan Kochi, India menggunakan pemodelan teknik hybrid yang melibatkan Arc GIS dan SWMM.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Denmas, 2023)

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi saluran drainase yang banjir di Kawasan Parak Jambu Kelurahan Dadok Tunggul Hitam, kemudian melakukan modifikasi saluran yang telah ada dan penambahan saluran baru dengan simulasi numerik menggunakan model EPA SWMM v5.2.

2. METODA PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah survei lapangan sekaligus wawancara dengan penduduk di Kawasan Parak Jambu. Langkah kedua adalah mengumpulkan data sekunder berupa: persentase daerah *pervious* dan *impervious* dengan bantuan *software* ArcGIS; panjang drainase eksisting menggunakan *software* Google Earth; dan data curahan hujan. Langkah ketiga adalah mengumpulkan data primer, yaitu memperkirakan koefisien tahanan Manning dengan melihat kondisi saluran di lapangan; dan mengukur secara langsung dimensi saluran dengan meteran dan mengukur secara langsung elevasi dasar saluran menggunakan alat *waterpass*. Langkah selanjutnya adalah mengolah data curahan hujan menjadi intensitas curahan hujan rencana untuk durasi per jam dan membentuk hitograf (*hyetograph*) *alternating block method* (ABM) sebagai *input* dari model EPA-SWMM yang akan dipakai pada kondisi drainase eksisting maupun pada kondisi drainase modifikasi. Simulasi untuk kondisi modifikasi dilakukan sampai tak ada lagi saluran yang banjir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Survei Pendahuluan

Survei lapangan dilakukan beberapa kali dari tanggal 11 sampai 25 Oktober 2023. Survei ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran yang sebenarnya tentang apa yang terjadi di lapangan. Warga setempat mengatakan bahwa hujan pada 13 Juli 2023 terjadi selama 6 jam. Durasi hujan ini kemudian dijadikan sebagai durasi hujan dalam simulasi sekaligus sebagai sumbu horizontal dari hitograf ABM.

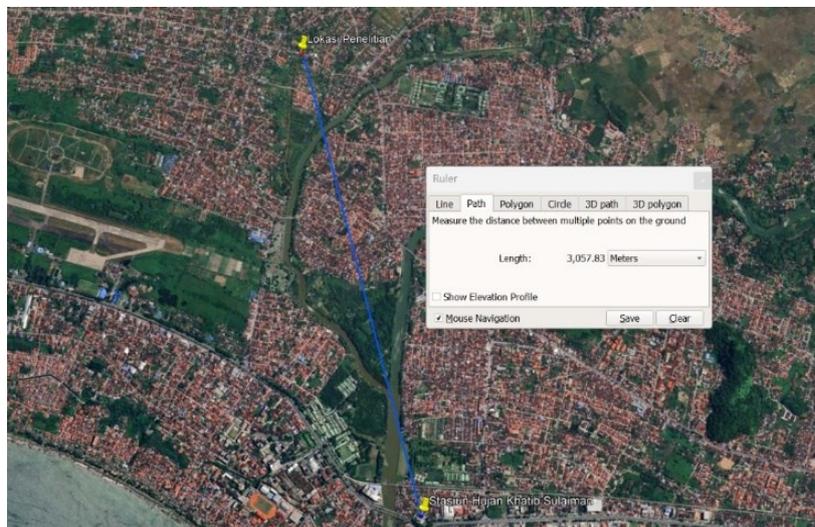
3.2. Pengumpulan Data Sekunder

Penelitian berlokasi pada kawasan Parak Jambu, Kelurahan Dadok Tunggul Hitam dengan luas daerah penelitian berkisar $\pm 26,8$ ha pada aplikasi *Google Earth* (Gambar 2). Kawasan Parak Jambu memiliki sebaran tata guna lahan permukiman, jalan aspal, jalan beton, dan *open field*.



Gambar 2. Luasan Lokasi Penelitian

Data curahan hujan yang digunakan adalah data curahan hujan satu hari pada saat peristiwa banjir terjadi pada lokasi penelitian yaitu pada tanggal 13 Juli 2023. Data curahan hujan yang digunakan pada penelitian ini dicatat pada stasiun hujan SDABK Khatib Sulaiman dengan kedalaman hujan sebesar 275 mm. Jarak antara stasiun Khatib Sulaiman ($0^{\circ}54'18.17''$ S; $100^{\circ}21'6.00''$ E) dengan lokasi penelitian adalah sekitar 3,057 km (Gambar 3). Stasiun ini merupakan stasiun hujan terdekat dari lokasi penelitian sehingga memiliki keselarasan data yang cukup besar. Keselarasan data juga didukung oleh penelitian terdahulu (Yelisa, 2022) yang menggunakan data dari Stasiun Simpang Alai dan Stasiun Gunung Nago selama rentang tahun 2001-2020. Perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode aritmatika. Hasil penelitian Yelisa (2022) bahwa untuk periode ulang 10 tahun, tinggi hujan rencana yang didapatkan adalah sebesar 275 mm, Maka dari itu, data curahan hujan pada stasiun SDABK pada tanggal 13 Juli 2023 dengan besaran 275 mm selaras dengan curah hujan dengan periode ulang 10 tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa tinggi curah hujan pada tanggal 13 Juli 2023 sebesar 275 mm dapat digunakan sebagai R_{24} pada penelitian ini.



Gambar 3. Jarak Stasiun Hujan SDABK Dengan Lokasi Penelitian

3.3. Pengumpulan Data Primer

Dari pengamatan di lapangan ditemukan beberapa macam kondisi drainase. Ada drainase yang masih berfungsi dengan baik dan ada drainase yang tidak mampu mengalirkan air secara maksimal. Perbedaan kondisi drainase akan ditandai dengan nilai koefisien tahanan (manning). Semakin baik kondisi drainase maka akan semakin kecil nilai koefisien tahanan salurannya. Ada saluran beton dengan permukaan yang dihaluskan yang merupakan saluran buatan yang telah direncanakan sebelumnya. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan baik, dan diperkirakan mempunyai koefisien tahanan sebesar 0,013 (Chow, 1988) (Gambar 4).

Saluran alam dengan banyak tanaman pengganggu dinilai kurang mampu mengalirkan air. Hal ini akan mengurangi debit air yang mampu dialirkan oleh drainase tersebut. Drainase jenis ini memiliki koefisien manning sebesar 0,070 (Gambar 5).



Gambar 4. Saluran Beton dengan Permukaan yang Dihaluskan



Gambar 5. Saluran Alam dengan Banyak Tanaman Pengganggu

Pada kondisi eksisting di lapangan terdapat juga saluran yang tersumbat sehingga air tidak dapat mengalir melalui saluran tersebut. Drainase jenis ini mengambil nilai koefisien manning tertinggi yaitu sebesar 0,100 (Gambar 6).

Outlet dari kawasan Parak Jambu berupa sebuah anak sungai yang mengarah menuju Batang Maransi. Panjang saluran *outlet* drainase pada lokasi penelitian adalah 929 m. *Outlet* drainase kawasan Parak Jambu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Saluran Tersumbat



Gambar 7. *Outlet* Saluran Kawasan

Dimensi drainase diukur secara langsung menggunakan meteran, sedangkan elevasi dasar saluran diukur secara langsung menggunakan alat *waterpass* (Gambar 8).



Gambar 8. Pengukuran Menggunakan Waterpass

3.4. Pengolahan Data

Storm Water Management Model (SWMM) adalah aplikasi yang dapat memodelkan jaringan drainase dan melakukan simulasi dinamis hujan dan aliran yang akan digunakan untuk mengetahui limpasan yang terjadi pada suatu kawasan yang dimodelkan (Amin, 2020). EPA-SWMM v5.2 membutuhkan *input* berupa *time series* intensitas hujan. *Time series* ini membutuhkan besaran nilai intensitas hujan pada masing-masing jam selama kejadian hujan, yang disebut hitograf. Hitograf ABM memiliki hal yang seperti itu. Menurut Yani dkk (2021), hitograf ABM akan menghasilkan pola distribusi hujan yang berbeda tergantung pada lamanya durasi hujan. Pada penelitian ini hujan terjadi selama 6 jam berdasarkan informasi dari warga setempat. Maka, pola distribusi hujan yang akan digunakan adalah pola distribusi hujan segitiga, yaitu hujan yang paling lebat berada di tengah rentang waktu hujan. Perhitungan untuk mendapatkan hitograf ABM adalah sebagai berikut. Interval hujan rencana Δt adalah 1 jam, maka lama satu blok hitograf adalah 1 jam. Jadi lama hujan adalah sama dengan jumlah blok hitograf, yaitu selama hujan aktual t_d (kolom 1 pada Tabel 1). Karena data hujan yang digunakan adalah tinggi hujan harian maksimum tahunan, maka intensitas hujan I dihitung menggunakan rumus Mononobe (Triatmojo, 2009) (kolom 2)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_d} \right)^{2/3} \quad (1)$$

di mana R_{24} adalah tinggi hujan harian maksimum dalam millimeter. Tinggi hujan P untuk durasi tertentu diperoleh dengan mengalikan intensitas (kolom 2) dengan lama hujan (kolom 1). Nilai pertambahan hujan Δp dihitung dengan persamaan (kolom 4)

$$\Delta p_n = (I t_d)_{n+1} - (I t_d)_n \quad (2)$$

Sedangkan nilai persentase pertambahan hujan P_i dihitung dengan persamaan (kolom 5)

$$P_i = \frac{\Delta p_n}{\sum \Delta p} \times 100\% \quad (3)$$

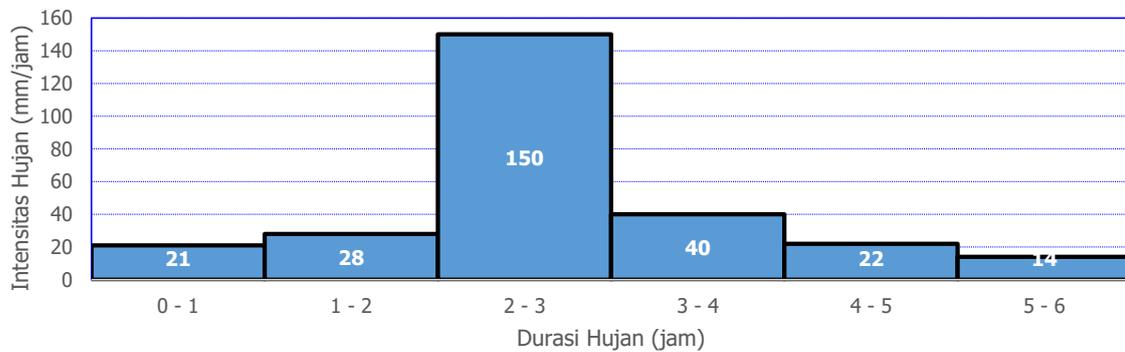
Nilai P_i ini kemudian disusun dengan menempatkan nilai persentase terbesar di tengah nilai t_d , kemudian di sampingnya diletakkan nilai terbesar setelahnya (kolom 6). Demikianlah seterusnya. Setelah itu, nilai P_i yang telah disusun ini dikalikan dengan nilai

R_{24} (kolom 7). Pada kolom terakhir, semua yang berada pada kolom 7 dibagi dengan masing-masing durasinya (yaitu 1 jam) sehingga menghasilkan intensitas. Semuanya akan tersusun seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Hitograf ABM

t_d [jam]	I [mm/jam]	P [mm]	Δp [mm]	P_i [%]	Hitograf		
					[%]	[mm]	[mm/jam]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	95	95	95	54,6	7,5	21	21
2	60	120	25	14,4	10,3	28	28
3	46	138	18	10,3	54,6	150	150
4	38	152	14	8,0	14,4	40	40
5	33	165	13	7,5	8,0	22	22
6	29	174	9	5,2	5,2	14	14
Jumlah:			174	100	100	275	

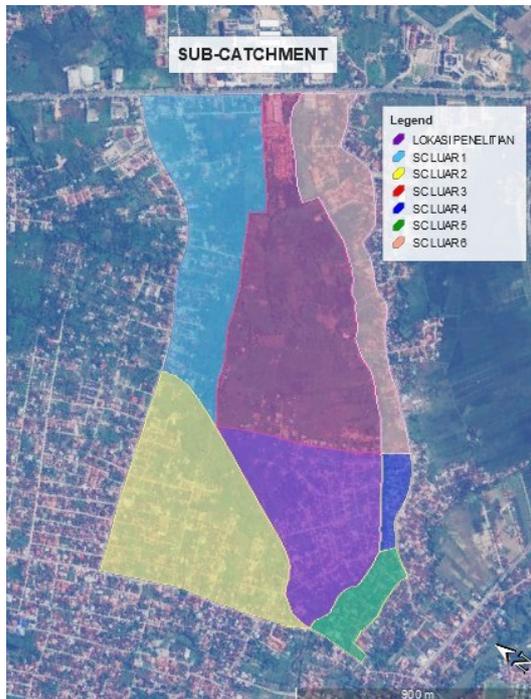
Berdasarkan Tabel 1, dapat digambarkan hitograf ABM seperti pada Gambar 9



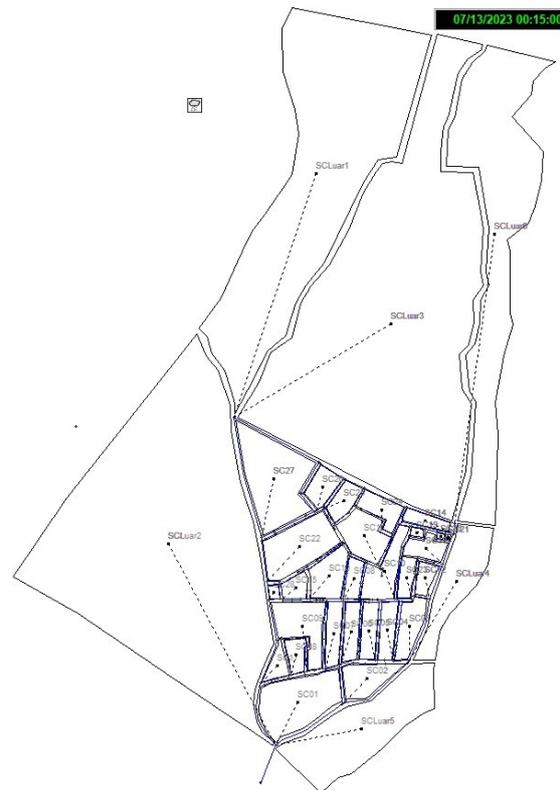
Gambar 9. Hitograf ABM

3.5. Simulasi Kondisi Eksisting

Subcatchment di luar lokasi penelitian yang dimasukkan ke dalam simulasi bertujuan untuk mempertimbangkan besaran debit yang diperkirakan akan membebani drainase yang ada pada lokasi penelitian. Kesemua *subcatchments* di singkat SC baik di luar maupun di dalam lokasi penelitian dan dapat dilihat pada Gambar 10. Kesemua *subcatchments* dan jaringan drainase Kawasan Parak Jambu dipindahkan ke dalam format model EPA-SWMM (Gambar 11).



Gambar 10. Subcatchments



Gambar 11. Subcatchments untuk keperluan model EPA-SWMM

Ada 281 ruas saluran drainase yang terbagi ke dalam beberapa jenis, yaitu: saluran alam dengan banyak tanaman pengganggu (koefisien tahanan 0,070); saluran beton dengan permukaan yang dihaluskan (koefisien 0,013); saluran tersumbat yang dianggap sebagai saluran berpenampang kecil (persegi terbuka 1 x 1 cm) dengan koefisien besar, yaitu 0,1. Setelah dilakukan pengamatan di lapangan, ditemukan 3 jenis penampang di antaranya penampang persegi terbuka, persegi tertutup, dan lingkaran. Penampang persegi tertutup yang dimaksud adalah saluran persegi dengan konstruksi tertutup pada bagian atas, namun alirannya adalah saluran terbuka. Dari hasil pengukuran diperoleh, elevasi dasar *junction* tertinggi adalah JN.134 (+5,135 m) dan terendah adalah JN.1 (+0,86 m).

Hasil simulasi kondisi eksisting (Gambar 12) terlihat bahwa saluran berwarna merah berarti kapasitas dari saluran tersebut telah penuh, hal ini disimpulkan sebagai banjir pada saluran tersebut.



Gambar 12. Hasil simulasi kondisi eksisting dengan model EPA-SWMM

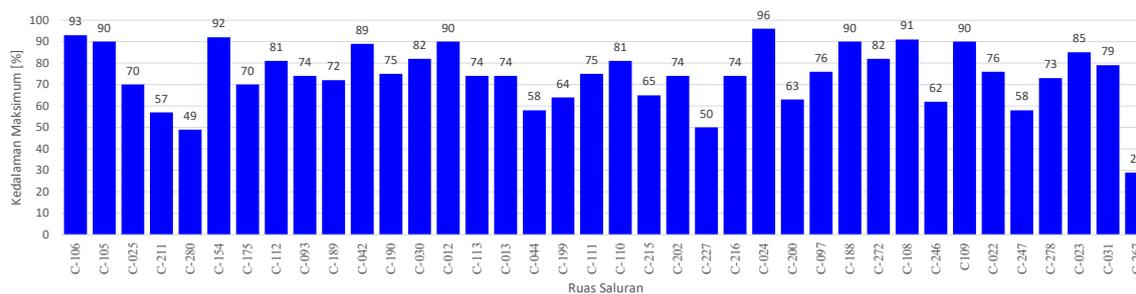
3.6. Simulasi Kondisi Modifikasi

Untuk mengatasi banjir pada Kawasan Parak Jambu, saluran eksisting direview sehingga terjadi perubahan elevasi dasar saluran dan dimensinya. Kemudian juga ada penambahan saluran baru. Perubahan dimensi dilakukan atas pertimbangan karena saluran tersebut harus menyalurkan debit yang relatif besar. Jika perubahan dimensi belum mampu mengalirkan debit, maka dilakukan penambahan saluran baru. Ada 9 saluran baru yang

ditambahkan. Penambahan tak serta merta langsung 9 buah, tapi melalui tahapan simulasi yang tak ditampilkan dalam paper ini karena alasan keterbatasan halaman. Simulasi akhir menunjukkan bahwa semua saluran termasuk saluran baru tidak ada lagi yang mengalami banjir (Gambar 13). Pada Gambar 14 terlihat bahwa 32 saluran yang mengalami banjir telah menjadi normal, sedangkan 6 saluran yang tak mengalirkan air, sudah bisa mengalirkan air.



Gambar 13. Hasil simulasi kondisi modifikasi dengan model EPA-SWMM



Gambar 14. Semua saluran yang sebelumnya banjir, sudah normal kembali, dan saluran yang tak mengalirkan air, sudah mengalirkan air.

4. KESIMPULAN

Penyebab banjir di Kawasan Parak Jambu Jambu Kelurahan Dadok Tunggul Hitam di Kota Padang adalah karena tak berfungsinya sistem drainase pada saat hujan lebat. Ada saluran drainase yang banyak ditumbuhi tanaman, ada yang tersumbat, dan memang ada juga yang masih berfungsi dengan baik. Hasil simulasi kondisi eksisting menunjukkan bahwa ada 32 ruas saluran mengalami banjir dan 6 saluran tak mengalirkan air sama sekali. Setelah dilakukan modifikasi dimensi saluran dan penambahan 9 saluran baru, kawasan ini bebas dari banjir berdasarkan hasil simulasi model EPA-SWMM v5.2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan fasilitas dan bantuan untuk penelitian dan kepada Dinas Sumber Daya Air dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Barat yang telah membantu untuk mendapatkan data Curah Hujan serta Masyarakat di lokasi penelitian yang telah memberikan informasi tentang banjir yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M.B. (2020). *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Yogyakarta: Deepublish
- Chow, V.T. (1988). *Open-Channel Hydraulics*. United States: Mc-Graw-Hill Book Company
- Demnas (2023), *Sistem Informasi Geografi & Penginderaan Jauh*. <https://www.indonesia-geospasial.com/2024/04/download-demnas-indonesia.html>
- Kodoatie, R.J. (2013). *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi
- Mera, M., Givi, M., Februarman, Daulay, A & Gregorius, F. (2021). *Investigasi Banjir Pada Perumahan Safa Marwa Dalam Realitas Dan Model*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(2). <https://doi.org/10.25077/jrs.17.2.176-185.2021>
- Majeed, S & Chinnamma, M.A. (2021). *Design of urban drainage system using SWMM*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 08(06)
- Nugroho, D.A & Handayani, W. (2021). *Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin*. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 17(2). <https://doi.org/10.14710/pwk.v17i2.33912>
- Prawati, E. & Fajri, R.A. (2021). *Analisis Sistem Drainase Akibat Curah Hujan Yang Tinggi (Studi Kasus Ruas Jalan Krakatau – Ruas Jalan Tawes Kelurahan Yosorejo Kecamatan Metro Timur Kota Metro)*. *TAPAK*, 10(2), <https://ojs.umm metro.ac.id/index.php/tapak/index>

- Triatmojo, B. (2009). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Ulumuddin, M.I., Istiartop, Wignyosukartop, B.S. (2023). Modeling the Yogyakarta International Airport (YIA) Area Flood Control System Using EPA SWMM 5.1. *Inersia*, 19(1).
<https://dx.doi.org/10.21831/inersia.v19i1.57472>
- Yani, P.Y., Saidah, H., & Wirahman, L. (2021). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Stasiun Hujan Jurang Sate dan Stasiun Hujan Lingkok Lime Pada Wilayah Lombok Tengah. *Spektrum Sipil*, 1-14.
- Yelisa, A.P. (2022). Evaluasi Saluran Drainase Perumahan Arai Pinang Kota Padang Menggunakan Software Epa-Swmm V5.1 (Strom Water Management Model). Tugas Akhir S1 Teknik Sipil Universitas Andalas.