

Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Program SWMM 5.2 pada Perumahan Wisma Asri, Bekasi Utara

Mufitarizka Fiani¹ dan Andik Pribadi^{1,*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor 16680, Indonesia

*penulis koresponden: andik@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Selama beberapa tahun terakhir, Perumahan Wisma Asri Kota Bekasi telah mengalami banjir ketika hujan lebat dan berkepanjangan, khususnya di RW 5. Penelitian saat ini memfokuskan pada area banjir tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi saluran drainase Perumahan Wisma Asri RW 5, Bekasi Utara serta mendapatkan desain jaringan drainase yang kapasitasnya mencukupi dengan mempertimbangkan limpasan yang terjadi. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dimensi dan karakteristik saluran yang bersumber dari observasi lapangan dan pengukuran secara langsung. Data sekunder yang digunakan berupa data curah hujan harian selama 10 tahun dari BMKG dan satelit GPM, basemap ArcGIS, serta data DEM. Metode Log Pearson III digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, dan simulasi drainase dilaksanakan menggunakan SWMM 5.2. Nilai curah hujan yang digunakan pada analisis saluran drainase Perumahan Wisma Asri berdasarkan distribusi Log Pearson III adalah 233,19 mm, dan periode ulang yang digunakan adalah 5 tahun. Pada Perumahan Wisma Asri terdapat 11 *subcatchment*, 33 *junction*, 1 *outfall*, dan 50 *conduit*. Berdasarkan simulasi terdapat 3 saluran meluap pada saat curah hujan maksimum yaitu CN30, CN31, dan CN32. Pada saluran CN30, CN31, dan CN32 terjadi luapan karena terdapat sedimen masing-masing setinggi 0,17 m, 0,17 m, dan 0,19 m. Kapasitas saluran drainase pada saluran CN30, CN31, dan CN32 pada kondisi eksisting adalah 0,208 m³/det, 0,073 m³/det, dan 0,059 m³/det. Setelah perbaikan kapasitas saluran meningkat menjadi 0,313 m³/det, 0,110 m³/det, dan 0,097 m³/det.

Kata kunci: banjir, curah hujan, saluran drainase, SWMM 5.2

Diterima: 24 Juli 2024
Diperbaiki: 18 September 2024
Disetujui: 10 Oktober 2024

1. Pendahuluan

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di sejumlah wilayah Indonesia. Meluapnya air di sungai atau saluran drainase karena kelebihan debit atau volume yang melebihi kapasitas drainase dapat menyebabkan banjir. Genangan air biasanya terjadi karena tidak berfungsinya saluran drainase secara optimal terutama saat musim hujan [1]. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan saluran drainase sebagai infrastruktur pendukung. Salah satu penyebab berkurangnya daerah resapan air adalah gencarnya pengembangan kawasan permukiman sehingga air hujan yang diserap ke dalam tanah semakin berkurang. Semakin banyaknya lahan yang dimanfaatkan untuk permukiman maka semakin sedikit ruang terbuka hijau yang berguna untuk menyimpan dan menyerap air hujan sehingga mengakibatkan terjadi banjir [2].

Salah satu pendekatan teknis guna meminimalkan air hujan berlebih dari suatu area adalah dengan membangun saluran drainase [3]. Sistem drainase adalah serangkaian tindakan yang diatur untuk menghilangkan limpasan (*runoff*)

dan air tanah (*underground water*) dari area tertentu. Saluran drainase yang dapat menampung debit air puncak tanpa menimbulkan genangan air, maka saluran tersebut dianggap baik [4]. Curah hujan yang tidak mampu ditampung oleh saluran drainase merupakan salah satu penyebab air meluap ke badan jalan sehingga terjadi banjir. Hal ini mengakibatkan berbagai masalah, termasuk kerusakan pada lapisan struktur jalan yang menghambat lalu lintas dan kegiatan masyarakat dan bahkan dapat mengakibatkan kerugian sosial ekonomi.

Sistem drainase yang efektif dan efisien sangat penting untuk mengelola aliran air hujan dan mengurangi risiko genangan air serta banjir. Namun, evaluasi dan perencanaan sistem drainase yang memadai memerlukan alat analisis yang canggih dan mampu menangani kompleksitas hidrologi perkotaan. Menurut Pratama *et al.* (2023), *Storm Water Management Model* (SWMM) merupakan model yang digunakan untuk mengkaji permasalahan kuantitas air yang berkaitan dengan limpasan di wilayah perkotaan [5]. Dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat dalam keadaan sesungguhnya, SWMM memungkinkan pengelolaan sistem drainase dalam kondisi sebenarnya untuk disimulasikan [6]. Sehingga *software* SWMM dapat secara cepat dan akurat menyajikan hasil simulasi yang relatif sama dengan kondisi di lapangan.

Perumahan Wisma Asri merupakan perumahan yang terletak di Kecamatan Bekasi Utara, Jawa Barat dan dijadikan sebagai lokasi penelitian. Banjir terjadi di area Perumahan Wisma Asri disebabkan oleh hujan deras dan hujan yang berkepanjangan. Pada tahun 2022, di perumahan ini terjadi genangan banjir dengan ketinggian hampir mencapai 50 cm, yang utamanya disebabkan oleh kapasitas saluran drainase yang tidak memadai. Hal ini menyebabkan kerusakan pada konstruksi dan menimbulkan kerugian sosial ekonomi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi saluran drainase Perumahan Wisma Asri RW 5, Bekasi Utara serta mendapatkan desain jaringan drainase yang kapasitasnya mencukupi dengan menggunakan simulasi program SWMM 5.2.

2. Metode

Penelitian dilakukan pada bulan Februari hingga Mei 2024. Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Bekasi Utara, tepatnya di Perumahan Wisma Asri RW 5. Peta lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



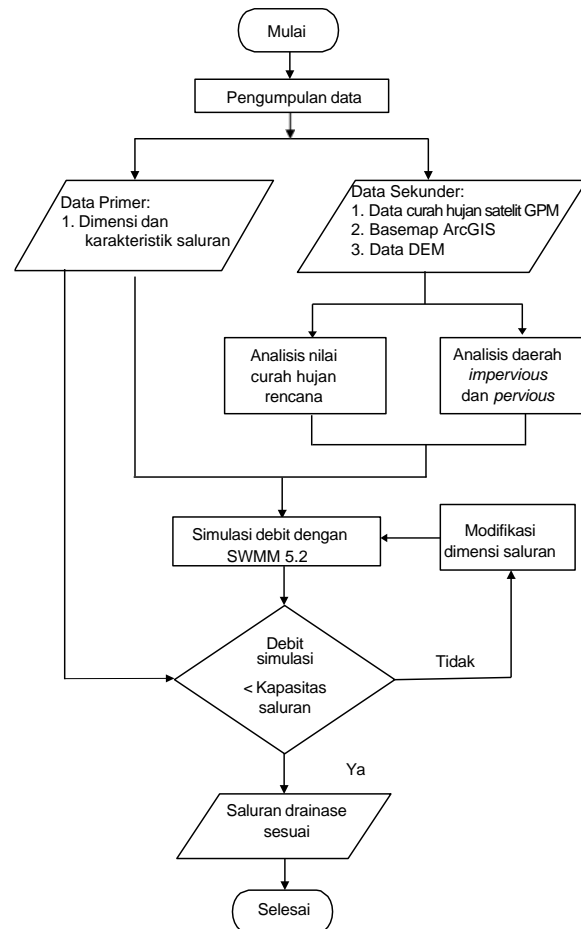
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat untuk pemetaan pada penelitian ini adalah *software* Google Earth, ArcGIS, AutoCAD, sedangkan untuk pengolahan data menggunakan SWMM 5.2, *Microsoft Excel*, dan *Microsoft Word*. Bahan yang digunakan yaitu data dimensi dan karakteristik saluran, data curah hujan harian selama 10 tahun dari satelit GPM, basemap ArcGIS, serta data DEM.

2.2. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

2.2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan tinjauan literatur mengenai dasar-dasar teori dari isu-isu yang terdapat pada lokasi penelitian, penilaian terhadap kebutuhan data, dan tinjauan umum terhadap lokasi penelitian melalui observasi.

2.2.2 Pengumpulan Data

Data primer dan sekunder merupakan data yang dipakai dalam proses pengumpulan data. Pada lokasi penelitian dilakukan pengukuran langsung untuk mendapat data primer mengenai dimensi dan karakteristik saluran. Sedangkan data sekunder meliputi data curah hujan satelit GPM selama 10 tahun, basemap ArcGIS, dan data DEM diperoleh melalui tinjauan literatur dan referensi data dari penelitian terdahulu.

2.2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Pada pengolahan data, data curah hujan harian harus dianalisis dan ditentukan daerah *subcatchment* serta dilakukan pemodelan jaringan drainase menggunakan *software* EPA SWMM 5.2.

3. Hasil dan Pembahasan

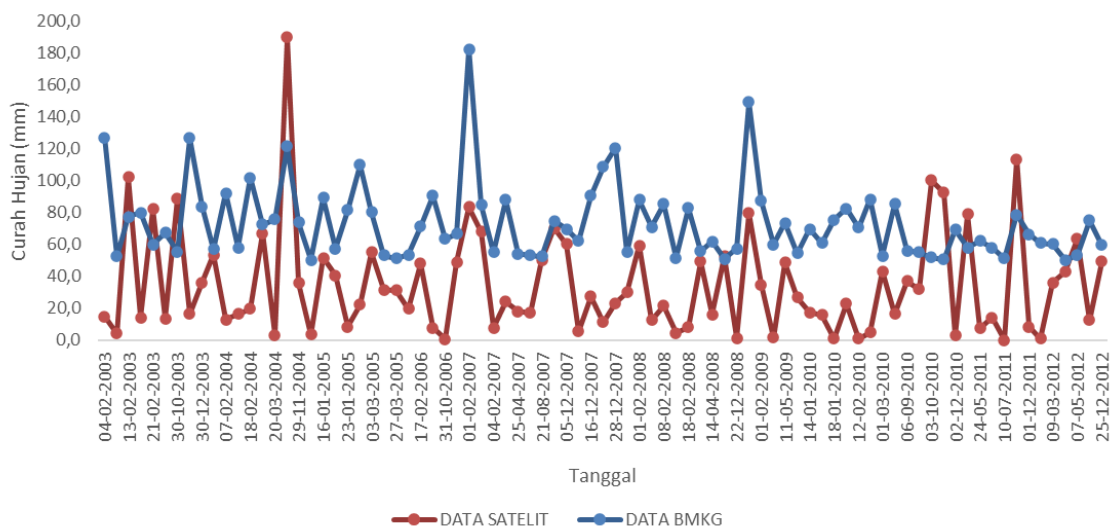
3.1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Perumahan Wisma Asri terletak di Kelurahan Teluk Pucung, Bekasi Utara dengan luas wilayah perumahan sebesar \pm 54 Ha. Penelitian ini di fokuskan pada Perumahan Wisma Asri RW 5 dengan luas area sebesar 3,61 Ha. Kondisi penggunaan lahan di Perumahan Wisma Asri sebagian besar adalah permukiman dan jalan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, mayoritas lahan di perumahan ini telah dikembangkan dan hanya menyisakan sedikit lahan untuk resapan air. Sehingga, terdapat banyak limpasan karena air hujan tidak diserap oleh tanah.

Saluran drainase di Perumahan Wisma Asri RW 5 merupakan saluran yang bersifat terbuka. Dimensi saluran di Perumahan Wisma Asri sangat bervariasi dan umumnya memiliki penampang berbentuk persegi. Material saluran drainase ini terbuat dari pasangan batu yang dilapisi oleh beton sehingga memiliki koefisien Manning sebesar 0,012 [7]. Panjang saluran Perumahan Wisma Asri RW 5 berkisar antara 5 hingga 110 meter. Saluran drainase pada Perumahan Wisma Asri RW 5 terlihat kurang baik karena didominasi oleh sampah dan sedimentasi sehingga menyebabkan air meluap karena kapasitas saluran tidak cukup untuk menangani debit aliran.

3.2. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan harian maksimum yang digunakan pada penelitian berasal dari data satelit. Satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) melakukan pengukuran tidak langsung terhadap curah hujan sehingga perlu dilakukan koreksi antara data hujan satelit dengan data hujan dari pos penakar hujan (*ground station*) [8]. Koreksi dilakukan menggunakan data BMKG selama 10 tahun dari Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok dan membandingkan dengan data GPM pada lokasi yang sama. Setelah didapatkan curah hujan harian selama 10 tahun, kemudian diambil data BMKG yang memiliki nilai diatas 50 mm dan data satelit yang diambil mengikuti waktu pengambilan data BMKG seperti pada **Gambar 3**. Hal ini dikarenakan curah hujan maksimum merupakan hujan yang terjadi dengan intensitas tinggi yang memiliki nilai diatas 50 mm.



Gambar 3. Perbandingan data hujan

Berdasarkan **Gambar 3**, data BMKG memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan data satelit. Oleh karena itu, dari data tersebut dilakukan perhitungan faktor koreksi. Faktor koreksi merupakan nilai perbandingan antara rata-rata curah hujan yang dicatat oleh BMKG dan rata-rata curah hujan yang dicatat oleh satelit GPM. Nilai faktor koreksi yang didapatkan adalah 2,1. Nilai faktor koreksi ini kemudian dikalikan dengan data curah hujan satelit lokasi penelitian sehingga didapatkan curah hujan harian maksimum yang akan dianalisis pada penelitian ini.

3.3. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana bertujuan menentukan berapa banyak curah hujan yang akan digunakan sebagai nilai input pada SWMM. Sebelum melakukan perhitungan curah hujan rencana, dibutuhkan data berupa curah hujan harian maksimum selama 10 tahun antara tahun 2013 hingga 2022 yang berasal dari data hujan GPM dengan koordinat lokasi penelitian. Data tersebut kemudian dikalikan dengan faktor koreksi yaitu 2,1 agar memiliki keakuratan yang mendekati data BMKG. **Tabel 1** berisi data curah hujan harian maksimum yang telah terkoreksi selama 10 tahun.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum Terkoreksi

Tahun	CH harian maksimum (mm)
2013	236,7
2014	200,4
2015	282,5
2016	185,6
2017	116,2
2018	195,4
2019	159,4
2020	205,6
2021	191,0
2022	181,8

Setelah mendapatkan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, nilai curah hujan yang direncanakan kemudian harus ditentukan dengan menggunakan metode distribusi probabilitas. Pada penelitian ini metode Log Pearson III merupakan metode yang memenuhi syarat. Log Pearson III merupakan jenis distribusi yang selanjutnya diuji kecocokannya menggunakan uji parameter chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov. **Tabel 2** menampilkan hasil distribusi Log Pearson III untuk uji chi-kuadrat.

Tabel 2. Perhitungan Uji Chi-Square Distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ² /Ei
1	< 187,752	2	4	2	2
2	187,752 – 192,203	2	1	-1	0,5
3	192,203 – 201,424	2	2	0	0
4	201,424 – 233,188	2	1	-1	0,5
5	> 233,18	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X ²	3

Berdasarkan tabel uji chi-kuadrat nilai x^2_{cr} memiliki nilai 5,991 dimana nilai ini lebih besar dari nilai x^2 yaitu sebesar 3 yang didapatkan dari perhitungan pada **Tabel 2**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa uji kecocokan distribusi Log Pearson III dapat diterima. Selanjutnya pada metode Log Pearson III dilakukan uji Smirnov-Kolmogorov dan hasilnya menyatakan bahwa Log Pearson III memiliki nilai D kritis (D_0) yang lebih besar dari nilai D maksimum (D). Nilai D maksimum yang didapatkan adalah sebesar 0,17 sedangkan nilai D kritis yaitu sebesar 0,41. Oleh karena itu, metode Log Pearson III dapat diterima [9].

Periode ulang hujan (PUH) adalah interval waktu pengulangan kejadian hujan yang mungkin terjadi [10]. Berdasarkan Peraturan Menteri PU tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, penentuan PUH yang akan dipakai didasarkan pada luas daerah pengaliran (*catchment area*) serta tipologi kota. Menurut BPS (2023), Kota Bekasi memiliki jumlah penduduk sebesar 2.627.207 jiwa sehingga dikategorikan sebagai kota metropolitan. Berdasarkan **Tabel 3**, periode ulang yang

digunakan dalam menganalisis saluran drainase perumahan seharusnya adalah PUH 2 tahun karena memiliki catchment area kurang dari 10 Ha. Namun pada penelitian ini digunakan PUH 5 tahun mengingat lokasi penelitian berada di area dengan curah hujan yang tinggi dan memiliki *track record* bencana banjir.

Tabel 3. Periode Ulang Hujan (PUH) Menurut *Catchment Area* dan Tipologi Kota

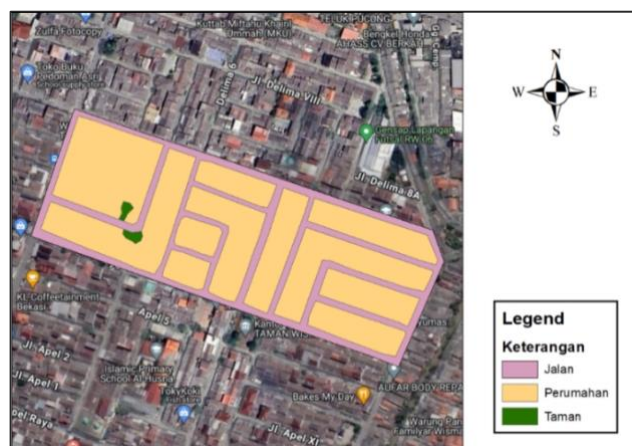
Tipologi Kota	<i>Catchment Area</i> (ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Metropolitan	2 th	2-5 th	5-10 th	10-25 th
Besar	2 th	2-5 th	2-5 th	5-20 th
Sedang/Kecil	2 th	2-5 th	2-5 th	5-10 th

Sumber : KemenPU (2014)

Berdasarkan uraian di atas, curah hujan rencana dihitung menggunakan Log Pearson III yang merupakan metode distribusi terpilih. Selain itu perhitungan curah hujan rencana menggunakan periode ulang hujan 5 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai curah hujan rencana pada penelitian ini sebesar 233,19 mm/hari.

3.4. Pemodelan Saluran Drainase dengan Program SWMM 5.2

Pemodelan jaringan drainase berupa daerah tangkapan air (*subcatchment*), node (*junction*), outlet (*outfall*), dan saluran (*conduit*) pada Perumahan Wisma Asri dilakukan dengan menggunakan *software* SWMM 5.2. Pada Perumahan Wisma Asri terdapat 11 *subcatchment* (SC), 33 *junction* (JN), 1 *outfall* (OUT), dan 50 *conduit* (CN). Nilai input pada SWMM 5.2 untuk *subcatchment* terdiri dari beberapa parameter. Parameter *%impervious* dan *%zero-impervious* yang digunakan memiliki nilai berbeda pada setiap *subcatchment* karena pengaruh perbedaan penggunaan lahan seperti pada **Gambar 4**. Nilai *%impervious* tertinggi adalah 82% yang dimiliki oleh *subcatchment* 10 dan 11 sedangkan *%impervious* terendah adalah 77% yang dimiliki oleh *subcatchment* 1 dan 2.



Gambar 4. Pembagian ruang tata guna lahan pada lokasi penelitian

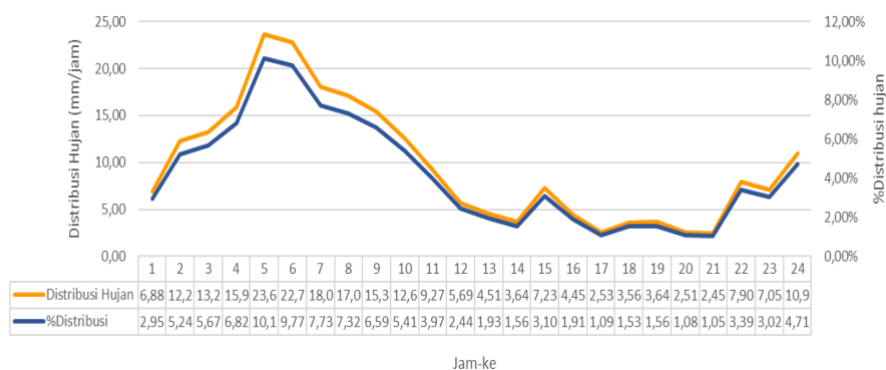
Terdapat parameter untuk setiap *subcatchment* yang disamakan yang terdapat pada **Tabel 4**. Koefisien manning untuk daerah *impervious* yang digunakan adalah sebesar 0,013 karena pada daerah *impervious* Perumahan Wisma Asri memiliki lahan yang tertutup oleh beton sedangkan koefisien manning untuk daerah *pervious* adalah sebesar 0,15 karena pada sebagian besar daerah *pervious* memiliki lahan yang tertutup oleh rumput [7]. Selain itu, terdapat aliran masuk pada daerah penelitian yang masuk pada J4. Debit aliran yang masuk dihitung menggunakan metode rasional. Parameter yang digunakan untuk menghitung debit aliran adalah koefisien pengaliran (C), intensitas curah hujan dalam

mm/jam (I), dan luasan daerah aliran dalam Ha (A). Nilai koefisien pengaliran untuk perumahan yang memiliki kerapatan sedang adalah 0,4 [11]. Intensitas curah hujan pada daerah penelitian ini yang memiliki luas 1,63 Ha adalah sebesar 58,51 mm/jam. Sehingga didapatkan nilai debit aliran yang masuk pada J4 menggunakan metode rasional adalah sebesar 0,11 m³/detik.

Tabel 4. Nilai Input *Subcatchment* pada SWMM 5.2

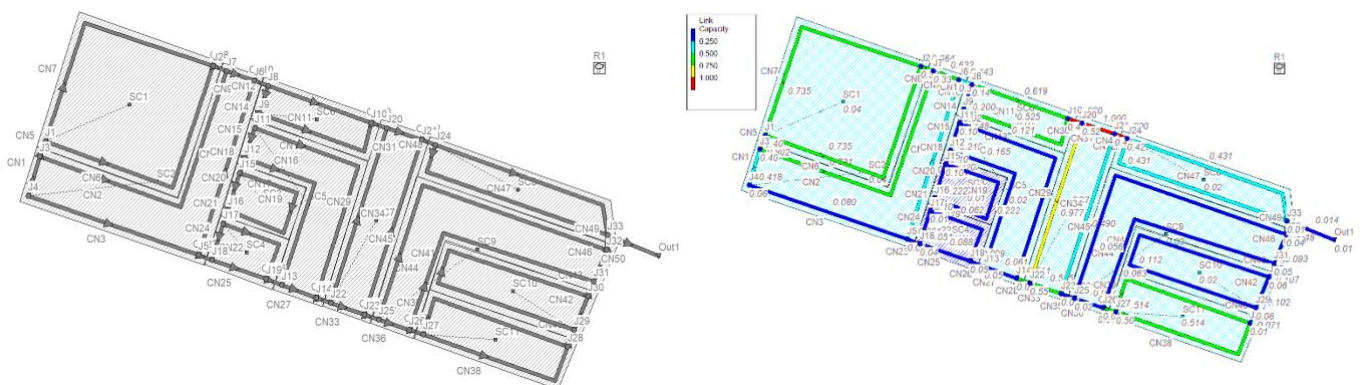
Karakteristik <i>subcatctment</i>	Nilai koefisien
<i>N-Imperv</i>	0,013
<i>N-Perv</i>	0,15
<i>D-Store Perv</i>	3,81
<i>D-Store Imperv</i>	1,905

Curah hujan rencana yang digunakan adalah 233,19 mm dengan persentase distribusi curah hujan per jam yang digunakan yaitu rata-rata persentase distribusi hujan yang terjadi pada curah hujan harian maksimum tahunan untuk jangka waktu 10 tahun. Curah hujan rencana kemudian didistribusikan selama 24 jam seperti pada **Gambar 5**. Penentuan kondisi saluran pada penelitian digunakan data intensitas curah hujan puncak yang terjadi pada jam kelima yaitu sebesar 23,61 mm/jam.



Gambar 5. Distribusi hujan selama 24 jam

Selanjutnya dilakukan pemodelan jaringan drainase menggunakan SWMM 5.2 seperti pada **Gambar 6**. Hasil simulasi penelitian diterima karena kesalahan kontinuitas untuk *Flow Routing* sebesar 0,01% dan untuk *Surface Runoff* sebesar -0,15%. Nilai kalibrasi dianggap baik jika kesalahan kurang dari 10% [12].



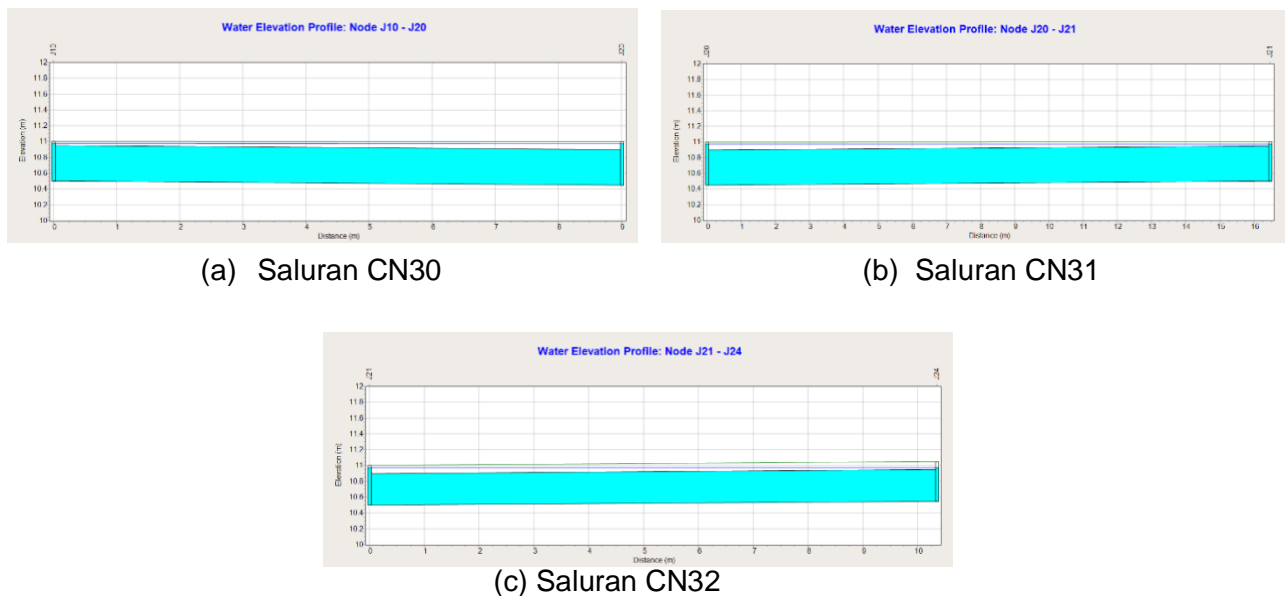
(a) Skema Model Saluran Drainase Perumahan Wisma Asri

(b) Hasil Simulasi Saluran Drainase

Gambar 6. Pemodelan saluran drainase

Warna yang berbeda pada hasil simulasi saluran drainase menunjukkan kondisi kapasitas saluran. Berdasarkan hasil simulasi terdapat 3 saluran yaitu CN30, CN31, dan CN32 yang berwarna merah, menandakan bahwa kapasitas saluran tidak mencukupi untuk menampung debit aliran. Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa saluran akan meluap selama jam puncak hujan. Volume limpasan yang tinggi dan tingkat infiltrasi yang rendah di setiap *subcatchment* adalah faktor yang mempengaruhi terjadinya limpasan, yang menyebabkan sebagian besar air mengalir sebagai *runoff* daripada diserap oleh tanah. Nilai infiltrasi pada *subcatchment* adalah antara 2,09 – 2,67 mm. *Subcatchment* 1 memiliki debit puncak tertinggi, mencapai 41,21 lt/detik, dan menghasilkan total *runoff* terbesar, yakni sebanyak 1,32 x 106 liter.

Peluapan saluran CN30 terjadi karena dimensinya tidak mencukupi sehingga limpasan yang terjadi tidak dapat ditampung oleh saluran. Lebar 0,75 m serta kedalaman 0,45 m merupakan dimensi dari saluran CN30 dan terdapat sedimentasi setinggi 0,17 m. J10 adalah node inlet dan J20 adalah node outlet pada saluran CN 30. **Gambar 7** menunjukkan profil aliran saluran CN30, CN31, dan CN32 selama hujan jam puncak. mengindikasikan bahwa saluran CN30 telah mencapai kapasitas maksimum dan tidak mampu menampung debit hujan yang besar, yang dapat menyebabkan runoff dan potensi banjir.



Gambar 7. Kondisi profil aliran saluran

3.5. Evaluasi Saluran Drainase dengan Program SWMM 5.2

Perbaikan saluran drainase pada Perumahan Wisma Asri RW 5 dilakukan pada 3 saluran berwarna merah yaitu CN30, CN31, dan CN32. Saluran CN30 memiliki debit simulasi mencapai 0,224 m³/detik namun berdasarkan perhitungan manual didapat bahwa kapasitas maksimum saluran adalah 0,208 m³/detik sehingga mengakibatkan banjir. Simulasi perbaikan dilakukan dengan memperbesar dimensi (menambah kedalaman) saluran sehingga didapatkan kapasitas yang mencukupi. Berdasarkan hasil simulasi saluran drainase setelah perbaikan seperti pada **Gambar 8**, saluran CN30 yang sebelumnya berwarna merah berubah menjadi kuning, menunjukkan rentang debit aliran yang masih dapat ditampung oleh saluran dengan debit maksimum 0,275 m³/detik. Profil aliran saluran kondisi perbaikan terdapat pada **Gambar 9**. **Tabel 5** menunjukkan perhitungan kapasitas saluran kondisi eksisting dan kondisi perbaikan.

Pembersihan sedimentasi di saluran drainase CN30, CN31, dan CN32 diperlukan biaya. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 mengenai Rancangan Anggaran Biaya (RAB) digunakan sebagai pedoman dalam menganalisis harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan untuk pembersihan sedimentasi dengan kedalaman kurang dari 1 meter untuk setiap panjang 1 meter adalah sebesar Rp72.500. Berdasarkan perhitungan RAB, total biaya untuk membersihkan sedimentasi di saluran drainase CN30, CN31, dan CN32 adalah Rp2.860.000 dengan pajak pertambahan nilai 10%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada Perumahan Wisma Asri Bekasi Utara, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi saluran drainase pada Perumahan Wisma Asri RW 5 tidak berfungsi dengan baik karena terdapat sampah dan sedimentasi sehingga kapasitas saluran berkurang dan air meluap seperti pada saluran CN30, CN31, dan CN32. Evaluasi saluran drainase di Perumahan Wisma Asri RW 5 dilakukan dengan pembersihan sedimentasi pada saluran berwarna merah yaitu CN30, CN31, dan CN32 setinggi 0,17 m, 0,17 m, dan 0,19 m. Kapasitas saluran drainase pada CN30, CN31, dan CN32 pada kondisi eksisting adalah 0,208 m³/det, 0,073 m³/det, dan 0,059 m³/det. Setelah perbaikan kapasitas saluran meningkat menjadi 0,313 m³/det, 0,110 m³/det, dan 0,097 m³/det.

Daftar Pustaka

- [1] Pania HG, Tangkudung H, Kawet L, Wuisan EM. Perencanaan sistem drainase kawasan kampus Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik*. 2013; 1 (3): 164-170.
- [2] Hanipah. Evaluasi Saluran Drainase dengan Model EPA SWMM 5.1 di Perumahan Pondok Ungu, Bekasi Utara, Jawa Barat. *Skripsi. Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Bogor*. 2015
- [3] Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi; 2004.
- [4] Fairizi D. Analisis dan evaluasi saluran drainase pada kawasan Perumnas Talang Kelapa di Subdas Lambidaro Kota Palembang. *J. Tek. Sipil dan Lingkungan*. 2015; 3 (1): 755-765.
- [5] Pratama A, Sumiharni, Febrina R. Evaluasi sistem drainase menggunakan program EPA SWMM 5.2 (Studi kasus Jalan Pramuka Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung). *Journal of Sustainable Civil Engineering*. 2023; 5 (1): 63-69.
- [6] Rossman LA. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S Environmental Protection Agency; 2010.
- [7] Rossman LA, Hubber C. *Storm Water Management Model Reference Manual Volume I-Hydrology*. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S Environmental Protection Agency; 2016.
- [8] Gerland A, Dengo AES, Haryanto YD. Validasi data model prediksi curah hujan satelit GPM, GSMAP dan CHIRPS selama periode siklon tropis seroja 2021 di Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi*. 2023; 4 (1): 44-50.
- [9] Soewarno. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*. Jilid 1. Bandung: Nova; 1995.
- [10] Mulyono D. Analisis karakteristik curah hujan di wilayah Kabupaten Garut Selatan. *J. Konstr*. 2014; 12 (1): 1-9.
- [11] Wesli. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2008.
- [12] Farrosandy AI, Widiarti WY, Badriani RE. Evaluasi saluran drainase Jalan Manggis kecamatan Partang Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik Pengairan*. 2022; 13 (2): 141-158.
- [13] Chow, V. T. *Hidraulika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Terjemahan E. V. Nensi Rosalia. Jakarta: Penerbit Erlangga; 1992.