ANALISIS KAPASITAS DAN KINERJA HIDRAULIK SISTEM DRAINASE KAWASAN KAMPUS UNDIP TEMBALANG

Ikhwanudin[1*], Risdiana Cholifatul Afifah[2], M. Debby Rizani[3], Agustina Wardani[4]
[1]Universitas PGRI Semarang, Jl. Lontar No.24, Karangtempel, Kec. Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah
[*]Email: ikhwan.menur12@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan kawasan yang pesat dan peningkatan luas permukaan kedap air di lingkungan kampus dapat secara signifikan mengubah respons hujan–limpasan serta meningkatkan beban hidraulik pada sistim drainase yang telah ada. Penelitian ini mengevaluasi respons hidrologi dan kinerja hidraulik sistim drainase di Kampus Universitas Diponegoro (UNDIP) Tembalang, Semarang, dengan penekanan pada identifikasi lokasi drainase kritis berdasarkan kejadian hujan rancangan kala ulang 5 tahun. Daerah tangkapan kampus seluas 300 ha dianalisis menggunakan data hujan maksimum tahunan dari Stasiun Hujan Pucanggading periode Tahun 1994 sampai dengan Tahun 2025. Analisis frekuensi dilakukan menggunakan distribusi Log Pearson III berdasarkan hasil uji kesesuaian distribusi. Transformasi hujan–limpasan dan simulasi jaringan drainase dilakukan menggunakan *Storm Water Management Model* (SWMM). Kapasitas pengaliran saluran drainase selanjutnya dievaluasi menggunakan persamaan Manning dan dibandingkan dengan debit puncak hasil simulasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan rancangan kala ulang 5 tahun sebesar 142 mm. Simulasi SWMM menghasilkan debit puncak PPLH 0,13 m^3/dt, FEB 3,88 m^3/dt, Jurang Blimbing 0,08 m^3/dt, Peternakan 0,12 m^3/dt, Tugu Arah LPPU 1,51 m^3/dt. Penampang saluran pada PPLH dan FEB sudah mendekati kapasitas yang memadahi walaupun belum bisa menampung debit rancangan dengan baik, sedangkan pada Jurang Blimbing, Peternakan, dan Tugu arah LPPU mengalami defisit kapasitas yang cukup signifikan. Mengingat pesatnya pembangunan gedung pada Kampus UNDIP Tembalang, keterbatasan lahan resapan, tingginya hujan maksimum, maka untuk menunjang sistim drainase yang berkelanjutan, implikasi teknis yang diarahkan pada penerapan *rainwater harvesting*, kolam retensi, sumur resapan, dan pemanfaatan *pavement* berpori untuk mereduksi puncak debit dan memperkecil limpasan permukaan.

Kata Kunci : drainase perkotaan; hujan–limpasan; kapasitas hidraulik; SWMM; debit puncak; pengelolaan banjir.

ABSTRACT

Rapid development and the increasing extent of impervious surfaces within the campus area can significantly alter rainfall–runoff responses and increase the hydraulic load on the existing drainage system. This study evaluates the hydrological response and hydraulic performance of the drainage system at Diponegoro University (UNDIP) Tembalang Campus, Semarang, with an emphasis on identifying critical drainage locations under a 5-year return period design rainfall event. The 300-ha campus catchment was analyzed using annual maximum rainfall data from the Pucanggading Rainfall Station for the period 1994–2025. Frequency analysis was conducted using the Log-Pearson Type III distribution based on the results of the goodness-of-fit test. Rainfall–runoff transformation and drainage network simulation were performed using the Storm Water Management Model (SWMM). The conveyance capacity of the drainage channels was subsequently evaluated using the Manning equation and compared with the peak discharges obtained from the simulation. Analysis results indicate a design rainfall of 142 mm for a 5-year return period. SWMM simulations yielded peak discharge rates of 0.13 m^3/s for PPLH, 3.88 m^3/s for FEB, 0.08 m^3/s for Jurang Blimbing, 0.12 m^3/s for Peternakan, and 1.51 m^3/s for Tugu Arah LPPU. The channel cross-sections at PPLH and FEB are approaching adequate capacity—though they still cannot fully accommodate the design discharge—whereas the channels at Jurang Blimbing, Peternakan, and Tugu Arah LPPU exhibit significant capacity deficits. Considering the rapid development of buildings at the UNDIP Tembalang Campus, limited infiltration areas, and high maximum rainfall, sustainable drainage management should incorporate technical measures such as rainwater harvesting, retention ponds, infiltration wells, and porous pavement to reduce peak discharge and surface runoff.

Keywords ***:*** *urban drainage; rainfall–runoff; hydraulic capacity; SWMM; peak discharge; flood management.*

Journal of Economic, Business and Engineering (JEBE) is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

1. PENDAHULUAN

Kawasan Universitas Diponegoro (UNDIP) yang berlokasi di Tembalang, Kota Semarang, merupakan salah satu pusat pendidikan tinggi dengan perkembangan infrastruktur yang sangat pesat dalam dua dekade terakhir. Pembangunan gedung perkuliahan, laboratorium, rumah sakit pendidikan, asrama, fasilitas olahraga, serta jaringan jalan internal kampus telah meningkatkan luas area terbangun secara signifikan. Perkembangan tersebut berdampak pada berkurangnya daerah resapan air dan meningkatnya luas permukaan kedap air (*impervious surface*).

Secara topografis, wilayah Tembalang berada pada daerah perbukitan dengan kemiringan lahan yang bervariasi. Kondisi ini menyebabkan aliran permukaan (*runoff*) bergerak relatif cepat menuju titik-titik elevasi yang lebih rendah. Pada saat intensitas hujan tinggi, peningkatan limpasan permukaan berpotensi menimbulkan genangan, erosi, serta beban berlebih pada saluran drainase yang ada. Apabila kapasitas saluran tidak memadai atau terjadi sedimentasi dan penyempitan penampang, maka risiko terjadinya luapan air semakin besar.

Selain faktor topografi dan curah hujan, perubahan tata guna lahan di dalam dan sekitar kawasan kampus turut mempengaruhi pola hidrologi setempat. Sistem drainase yang awalnya dirancang untuk kondisi tertentu mungkin sudah tidak sesuai dengan kondisi eksisting akibat peningkatan debit rencana. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja hidraulik saluran drainase di kawasan UNDIP Tembalang terhadap debit rencana periode ulang tertentu. Analisis ini menjadi penting tidak hanya untuk mencegah terjadinya genangan dan kerusakan infrastruktur, tetapi juga sebagai bagian dari upaya pengelolaan lingkungan kampus yang berkelanjutan (*sustainable campus*). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi teknis yang tepat untuk peningkatan kapasitas dan kinerja sistem drainase di kawasan UNDIP Tembalang.

Urgensi penelitian ini didasarkan pada pertimbangan utama: mencegah risiko genangan dan kerusakan infrastruktur, menunjang keberlanjutan lingkungan kampus sebagai institusi pendidikan, menyesuaikan dengan perubahan tata guna lahan, dasar perencanaan dan pengambilan kebijakan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka evaluasi terpadu sistem drainase kawasan kampus yang menghubungkan karakteristik hujan rancangan, respons hujan–limpasan secara spasial, debit puncak hasil simulasi, dan kapasitas hidraulik saluran eksisting untuk mengidentifikasi lokasi drainase kritis. Berbeda dengan sejumlah penelitian kampus terkini yang lebih banyak berfokus pada penerapan *Low Impact Development* (LID), konsep *sponge campus*, atau skenario pengurangan limpasan. Liu et al. (2022) mengevaluasi kombinasi LID pada kampus menggunakan SWMM; Annisa & Maknun (2024) mengevaluasi kondisi drainase kampus dan beberapa alternatif LID; sementara Tan et al. (2024) mengembangkan *coupling* SWMM–FVCOM untuk menghubungkan kapasitas drainase dengan genangan permukaan penelitian ini menitikberatkan pada diagnosis kinerja sistem drainase eksisting berdasarkan kejadian hujan rancangan kala ulang 5 tahun serta kuantifikasi ketidaksesuaian antara debit hasil simulasi dan kapasitas pengaliran saluran pada beberapa lokasi strategis di kawasan kampus yang berkembang pesat.

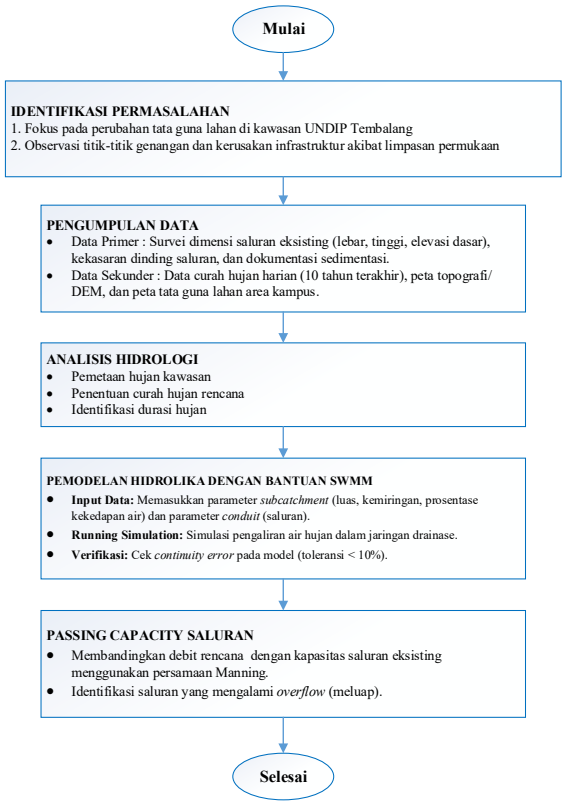
Penelitian ini mengevaluasi respons hidrologi dan kinerja hidraulik sistem drainase di Kampus Universitas Diponegoro (UNDIP) Tembalang, Semarang, dengan penekanan pada identifikasi lokasi drainase kritis berdasarkan kejadian hujan rancangan kala ulang 5 tahun. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian pada seluruh wilayah kampus UNDIP terkait sistem drainase, kapasitas alir, dan rekomendasi perbaikan kondisi saluran. Penelitian ini menggunakan bantuan pemodelan SWMM untuk menganalisis aspek hidrolika saluran.

2. METODE

Pada Lokasi penelitian ini adalah wilayah kampus UNDIP yang berada di Kelurahan Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang sesuai yang ditampilkan pada Gambar 1. Untuk menghasilkan hasil penelitian yang baik dan sesuai tujuan, maka disusun sistematika analisis dalam bagan alir penelitian seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Kampus UNDIP Tembalang



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut.

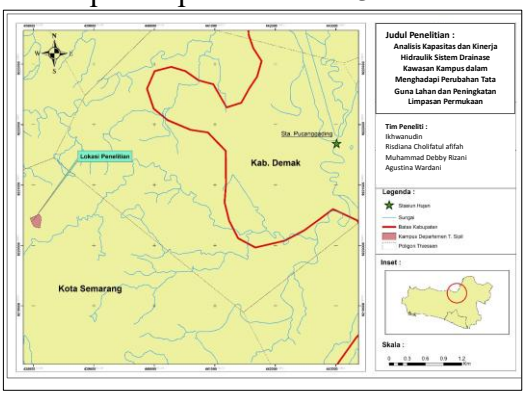
1. Identifikasi Permasalahan
   Pada area kampus UNDIP Tembalang masih terdapat beberapa *spot*/titik saluran yang masih berpotensi terjadi banjir apabila terjadi hujan lebat. Genangan yang terjadi menghambat civitas akademika UNDIP dalam menjalankan kegiatan perkuliahan. Sehingga dalam penelitian ini perlu dianalisis kapasitas eksistingnya terhadap potensi hujan lebat yang terjadi.
2. Pengumpulan Data
   Data primer didapatkan dari survei kondisi saluran drainase di area kampus undip Tembalang. Titik-titik kritis, seperti percabangan saluran, penyempitan saluran, maupun saluran-saluran tersumbat menjadi fokus dalam pengambilan data. Gambar 2 menunjukkan kondisi pada beberapa lokasi saluran di kampus UNDIP.



Gambar 3. Kondisi Saluran Drainase UNDIP Tembalang

Pengumpulan data sekunder terdiri dari data hidrologi yang dimaksudkan untuk mendapatkan data series hujan harian sebagai masukan di dalam menentukan besaran perencanaan curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu. Untuk menghasilkan debit rencana, maka membutuhkan data hujan harian maupun hujan jam-jaman dan komponen karakteristik *Catchment Area* (CA) (Afifah et al., 2025).

Data hujan yang dikumpulkan berupa data hujan harian yang berasal dari stasiun curah hujan yang ada terdekat dengan Kampus UNDIP Tembalang yaitu Stasiun Curah Hujan Pucanggading selama 32 tahun (Tahun 1994 – Tahun 2025). Adapun peta lokasi Stasiun Curah Hujan Pucanggading ditampilkan pada Gambar 3.



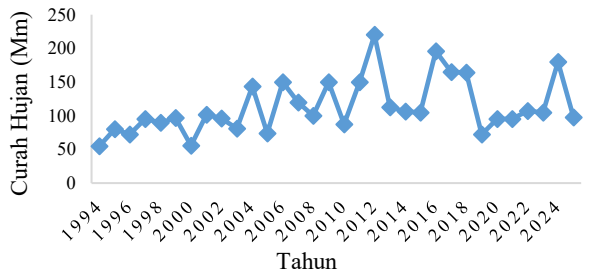
Gambar 3. Lokasi Stasiun Curah Hujan Pucanggading

3. Analisis Hujan Rancangan
   Adapun langkah-langkah untuk mendapatkan hujan rancangan adalah sebagai berikut :
   a. Menentukan CA beserta luasnya.
   b. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan.
   c. Menentukan curah hujan maksimum harian rata-rata CA dari data curah hujan yang ada.
   d. Menganalisis curah hujan rancangan dengan periode ulang T tahun.
4. Analisis Hidrologi-Hidrolika dengan Model SWMM
   Metode analisis hidrolika dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EPA SWMM, yang mampu mensimulasikan proses hujan–limpasan sekaligus perambatan aliran dalam sistem drainase atau sungai secara dinamis berbasis waktu. Analisis hidrologi diawali dengan pengolahan data curah hujan, baik berupa data historis maupun hujan rencana, yang kemudian digunakan sebagai input pada setiap subcatchment yang telah didelineasi berdasarkan kondisi topografi dan tata guna lahan. Setiap subcatchment dikarakterisasi menggunakan parameter fisik seperti luas wilayah, kemiringan, persentase daerah kedap air (impervious), serta parameter infiltrasi yang dapat dimodelkan menggunakan metode *Curve Number* (SCS). Proses transformasi hujan menjadi limpasan dihitung dengan mempertimbangkan kehilangan air akibat intersepsi, depresi permukaan, dan infiltrasi, sehingga dihasilkan hidrograf limpasan pada masing-masing subcatchment.
   Selanjutnya, analisis hidrolika dilakukan dengan memodelkan jaringan aliran yang terdiri dari node (junction, storage, dan outfall) serta link (saluran terbuka, pipa, atau struktur hidraulik lainnya). Limpasan yang dihasilkan dari analisis hidrologi dialirkan ke dalam sistem jaringan tersebut dan dirambatkan menggunakan metode dynamic wave, yang merupakan pendekatan paling lengkap karena menyelesaikan persamaan aliran tak tunak (Saint-Venant) dengan mempertimbangkan efek backwater, aliran tak seragam, kondisi pipa penuh (surcharging), serta kemungkinan aliran balik (reverse flow). Melalui simulasi ini, diperoleh output berupa debit aliran, tinggi muka air, kecepatan aliran, serta potensi terjadinya limpasan atau genangan pada titik-titik tertentu dalam sistem. Dengan demikian, penggunaan SWMM memungkinkan integrasi antara proses hidrologi dan hidrolika secara simultan, sehingga hasil analisis dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem drainase atau sungai serta mendukung perencanaan pengendalian banjir secara lebih komprehensif.
5. *Passing Capacity* (kapasitas tampung atau kapasitas alir) Saluran Drainase
   Evaluasi *passing capacity* juga penting dalam perencanaan dan rehabilitasi jaringan drainase, terutama pada wilayah yang mengalami perubahan tata guna lahan yang signifikan. Urbanisasi yang meningkatkan luas permukaan kedap air cenderung memperbesar limpasan permukaan, sehingga debit puncak yang masuk ke saluran menjadi lebih besar dibandingkan kondisi sebelumnya. Tanpa penyesuaian kapasitas saluran, kondisi ini dapat menyebabkan sistem menjadi tidak optimal. Oleh karena itu, analisis *passing capacity* dikaitkan dengan simulasi hidrologi–hidrolika menggunakan SWMM, untuk mengevaluasi apakah saluran eksisting mampu menampung debit rencana serta untuk mengidentifikasi titik-titik kritis yang memerlukan peningkatan kapasitas. Dengan demikian, analisis *passing capacity* tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi teknis, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan sistem pengendalian banjir yang efektif dan berkelanjutan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

CA UNDIP Tembalang seluas 300 Hektar. Pada wilayah sekitar tidak terdapat stasiun penakar hujan, sehingga digunakan Stasiun Hujan Pucanggading. Perhitungan hujan untuk lokasi studi ini dalam bentuk curah hujan maksimu tahunan dengan panjang data selama 32 tahun, yaitu mulai tahun 1994 sampai 2025. Dari data ini, data hujan pada Stasun Hujan

Pucanggading dianggap mewakili karakteristik hujan pada daerah studi. Untuk menghitung besar debit yang melimpas pada CA UNDIP Tembalang, maka hujan maksimum tahunan perlu dianalisis frekuensi hujan untuk mendapatkan hujan rancangan pada lokasi studi. Tren hujan maksimum tahunan pada Stasiun Hujan Pucanggading ditampilkan pada Gambar 4. Terlihat pada Gambar 4 bahwa hujan maksimum tahunan pada stasiun hujan Pucanggading cenderung mengalami tren kenaikan. Rata-rata hujan maksimum sebesar 113 mm, yang masuk kategori hujan lebat (BMKG, 2010). Rata-rata kenaikan puncak hujan maksimum sebesar 6,5 mm setiap tahunnya. Hal ini perlu diwaspadai terkait limpasan permukaan yang berpotensi mengalami kenaikan volume pada tahun-tahun mendatang. Selain itu kapasitas kanal-kanal dan saluran drainase juga perlu dilakukan pengecekan untuk menyesuaikan kondisi curah hujan yang semakin tinggi dan prediksi limpasan yang semakin besar.



Gambar 4. Curah Hujan Maksimum Tahunan pada Stasiun Pucanggading

Analisis Frekuensi Hujan

Dalam analisis statistik hidrologi, nilai-nilai pengamatan umumnya tidak identik dengan nilai rata-rata, melainkan tersebar di sekitarnya. Besarnya tingkat penyebaran tersebut didefinisikan sebagai variasi atau dispersi, yang menggambarkan karakteristik keragaman data dalam suatu variabel hidrologi (Anggraheni et al., 2022). Analisis frekuensi data hidrologi dilakukan menggunakan aplikasi AProb yang dikembangkan oleh Istiarto, yang mengintegrasikan pemodelan distribusi probabilitas dan uji *goodness-of-fit* statistik untuk estimasi besaran hidrologi pada berbagai kala ulang (Istiarto, 2024). Data hujan maksimum pada Gambar 5 digunakan sebagai input model A Prob.

Data hujan tersebut kemudian oleh A Prob secara otomatis teridentifikasi data statistiknya berupa rata-rata (Xrt), Standar Deviasi (SD), Kurva kurtosis, dan Kurva *Skewness*. Tabel 1 menampilkan statistika data normal dan logaritmik dari series data hujan maksimum tahunan Stasiun hujan Pucanggading.

Tabel 1 Statistika Data

Parameter Statistik	Statistik Data Normal	Statistik Data Logaritmik
jumlah data	32	32
minimum	50	1,74
maximum	220	2,34
rata-rata	113,06	2,03
simpangan baku	40,29	0,14
kurtosis	3,43	2,74
excess kurtosis	0,43	-0,25
skewness	0,96	-0,21

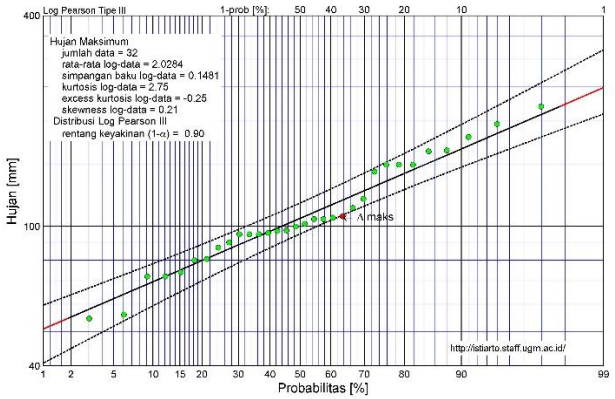
Untuk menjamin pendekatan empiris benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoristis, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi, yang biasa dikenal sebagai *testing of goodness of fit* (uji keselarasan). Ada dua jenis uji keselarasan yaitu uji keselarasan chi-kuadrat dan Smirnov Kolmogorof. Pada tes ini yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan. A Prob telah mengakomodir uji keselarasan ini dengan tingkat keyakinannya 0,90. Data hasil uji keselarasan distribusi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Uji Kecocokan Data

Uji Kecocokan Sebaran Data	Sebaran Data			
	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	Normal
Smirnov-Kolmogorov	lulus	lulus	lulus	lulus
Selisih maksimum	0,13	0,13	0,12	0,19
Chi-kuadrat	lulus	lulus	lulus	lulus
Chi-2 maksimum	2,87	2,87	2,87	7,13

Pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa uji keselarasan data hujan memenuhi persyaratan distribusi sebaran Log Pearson III dengan selisih maksimum yang terkecil yaitu 0,12. Dibuktikan pada uji Smirnov-Kolmogorof dan Chi-Kuadrat, sebaran data Log Pearson III dinyatakan lulus. Selanjutnya data hujan diplot pada *Probability Paper* untuk melihat data *outlayer* atau tidak. Berdasarkan output model A Prob tidak ditemukan data hujan yang menyimpang.

Plotting data pada *Probability Paper* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Plotting Log Pearson III Probability Paper*

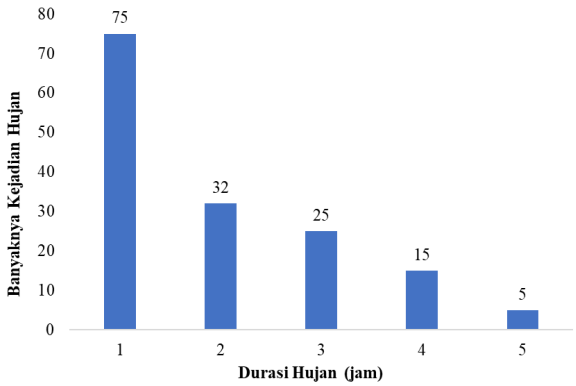
Berdasarkan penentuan sebaran data di atas maka dapat diketahui hujan rancangan masing-masing periode ulang seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hujan Rancangan

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)
2	105
5	142
10	166
20	191
50	223
100	249
200	275
500	311
1000	340

Analisis Intensitas Curah hujan

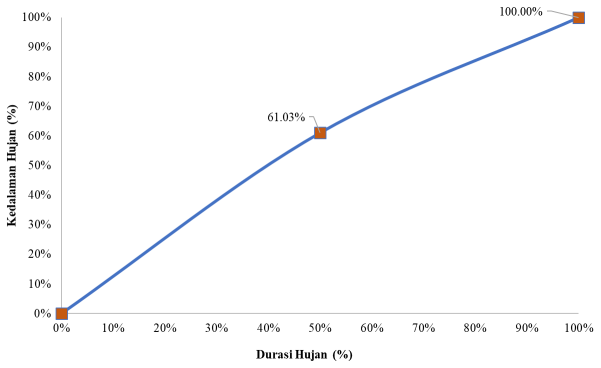
Analisis intesitas curah hujan ini diproses dari data hujan jam-jaman observasi pada wilayah studi pada Tahun 2017 sampai dengan Tahun 2018 dengan total pengamatan hujan jam-jaman 152 kali. Durasi hujan 2 jam tercatat terjadi sebanyak 75 kali, durasi hujan 3 jam terjadi sebanyak 32 kali, durasi hujan 4 jam terjadi sebanyak 25 kali, hujan 5 jam terjadi sebanyak 15 kali, dan durasi hujan 6 terjadi sebanyak 5 kali. Visualisasi banyaknya kejadian hujan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Banyaknya Kejadian Hujan Menurut Durasi

Berdasarkan Gambar 6, durasi hujan yang paling banyak terjadi adalah hujan 2 jam-an sehingga durasi yang digunakan adalah hujan 2 jam-an. Data hujan rancangan dan durasi hujan digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan. Menurut data observasi, selama durasi 2 jam terjadi, 61,03% hujan terjadi pada jam pertama, dan 38,97% hujan terjadi pada jam ke-2 (Gambar 7).

Perhitungan debit rencana pada sistim drainase kampus UNDIP Tembalang mengacu pada (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014) dimana area dengan luas 300 Hektar masuk pada kategori periode ulang 2-5 Tahun. Sehingga pada penelitian ini ditetapkan menggunakan periode ulang 5 Tahun. Prosentase yang ada pada durasi hujan dikalikan dengan curah hujan rencana untuk mendapatkan besarnya intensitas hujan per jam. Tabel 4 menampilkan intensitas hujan untuk periode ulang 5 tahun.



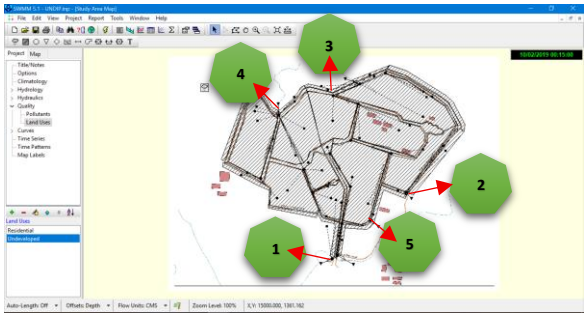
Gambar 6. Prosentase Kedalaman Hujan Menurut Durasi 2 jam-an

Tabel 4. Intensitas Hujan

Hujan Rancangan 5 Tahun (mm)	Intensitas Hujan Jam Pertama (mm/jam)	Intensitas Hujan Jam Kedua (mm/jam)
142	86,67	55,33

Pemodelan Beban Drainase dengan SWMM

Model SWMM mengadaptasi kondisi yang ada pada lapangan, dengan melakukan pendekatan-pendekatan hidrologis. *Catchment Area* Kampus UNDIP Tembalang dibagi menjadi *Subcatchment*. Arah aliran dan elevasi juga dibutuhkan. Sistem tata air (jejaring drainase) pada model SWMM dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Jejaring Drainase Model SWMM pada Kampus UNDIP Tembalang

Model hidrologi-hidraulika dikembangkan untuk *catchment* area seluas 300 ha yang dibagi menjadi 46 *subcatchments* berdasarkan kondisi topografi dan jaringan drainase. Persentase area impervious berkisar antara 70–90% berdasarkan hasil analisis GIS, sedangkan nilai *Curve Number* (CN) sebesar 87–93 ditentukan berdasarkan metode NRCS. Kemiringan subcatchment berkisar antara 0,07–1,6% yang diperoleh dari analisis DEM. Simulasi aliran dalam jaringan drainase menggunakan metode *Dynamic Wave*, sedangkan proses infiltrasi dimodelkan menggunakan metode SCS-CN dalam SWMM. Parameter-parameter yang digunakan dalam model SWMM ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter dalam Model SWMM

Parameter	*Value*	Sumber
Catchment area	300 ha	Survey/GIS
Jumlah *subcatchment*	46	Model
Imperviousness	70-90%	GIS
Curve Number	87-93	NRCS (*Natural Resources Conservation Service*)
Slope	0,07-1,6%	DEM
Routing method	*Dynamic Wave*	SWMM
Infiltration Method	SCS-CN	SWMM

Terdapat 5 *outlet/outfall* pembuangan air pada jejaring model Gambar 7. *Outfall* 1 pada lokasi pintu masuk kampus (depan tugu), *outfall* 2 pada perkampungan jurang belimbing, *outfall* 3 pada sebelah FEB/Fakultas Ekonomi dan Bisnis, *outfall* 4 pada PPLH/Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, dan *outfall* 5 pada sebelah Fakultas Peternakan.

Dimensi penampang saluran bervariasi dengan bentuk penampang *rectangular* dan *trapezoidal*. Kedalaman saluran berkisar antara 0,5 meter hingga 1 meter, dan lebar saluran 0,5 meter. Elevasi saluran pada Kampus Undip Tembalang berkisar antara +211,0 meter hingga +194,0 meter. Beberapa titik drainase terdapat penampang yang rusak disebabkan kurangnya pemeliharaan. Peningkatan kondisi penampang perlu dilakukan mengingat hujan maksimum harian yang semakin besar mengacu pada data grafik Gambar 5. Beberapa ruas saluran drainase dengan kondisi *bottle neck* dan tertutup semak dan rerumputan seperti pada Gambar 7 perlu dievaluasi untuk dinormalisasi penampangnya**.**



Gambar 7. *Bottle Neck* pada Saluran Drainase Kampus UNDIP Tembalang

Berdasarkan hasil simulasi *rainfall-runoff* menggunakan model SWMM, maka rekapitulasi debit puncak dan jenis penampang pada masing-masing *outfall* disajikan pada

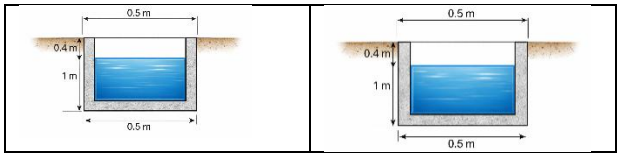
Tabel 7. Jenis penampang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Tabel 6. Rekapitulasi Puncak Banjir dan Jenis Penampang

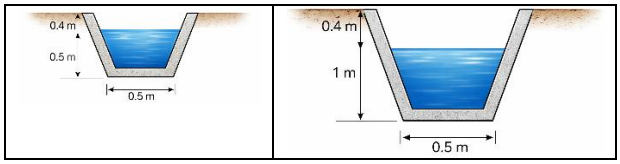
Outfall	Debit (m^3/dt)	Jenis Penampang
PPLH	0,13	*Trapezoidal* Kecil
FEB	3,88	*Trapezoidal* Besar
Jurang Blimbing	0,08	*Rectangular* Kecil
Peternakan	0,12	*Rectangular* Besar
Tugu Arah LPPU	1,51	*Trapezoidal* Besar

Analisis *Passing Capacity*

Saluran drainase Kampus Undip Tembalang terdiri dari 2 tipe bentuk saluran, yaitu *Rectangular* dan *Trapezoidal* dengan dimensi seperti yang dijelaskan pada uraian analisis SWMM di atas. Bentuk saluran drainase dapat dilihat seperti pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 4. Tipikal saluran Drainase dengan bentuk *Rectangular* (a) Penampang Kecil, (b) Penampang Besar



Gambar 5. Tipikal saluran Drainase dengan bentuk *Trapezoidal* (a) Penampang Kecil, (b) Penampang Besar

Analisis *passing capacity* dilakukan untuk mengidentifikasi kapasitas alir penampang saluran terhadap debit yang melaju di dalam saluran tersebut. *Passing capacity* mendeteksi kemampuan saluran untuk mengalirkan air tanpa meluap. Kapasitas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kemiringan saluran, ukuran penampang, dan kekasaran permukaan saluran. Oleh karena itu analisis kapasitas saluran dianalisis dengan bantuan rumus manning yang ditunjukkan pada Persamaan 1 (Wei et al., 2025). Dengan batasan ketinggian aliran normal menyesuaikan dengan tinggi jagaan yang sesuai. Tinggi jagaan pada penampang saluran yaitu berkisar antara 0,4 meter untuk saluran dengan debit <0,5 m^3/dt hingga 0,75 meter untuk saluran dengan debit 5-10 m^3/dt (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013). Kemiringan saluran rata-rata adalah 0,005. Maka perhitungan kapasitas alir saluran sesuai tipikal pada Gambar 10 dan Gambar 11 adalah sebagai berikut.

$$Q = A * \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:
Q = Debit (m^3/dt)
A = Luas (m^2)
n = Koefisien Manning
R = Jari-Jari Hidraulik
I = Kemiringan Saluran

Dari hasil analisis dan perhitungan dilakukan justifikasi kepasitas penampang saluran pada masing-masing *outfall*. Tabel 8 memperlihatkan saluran menuju *outfall* PPLH, FEB, Jurang Blimbing, Peternakan, dan Tugu arah LPPU mengalami kelebihan beban hidraulik. Kapasitas tambahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 8. Penampang saluran pada PPLH dan FEB mendekati kapasitas yang memadahi, sedangkan pada Jurang Blimbing, Peternakan, dan Tugu arah LPPU mengalami defisit kapasitas yang signifikan.

Tabel 7. Justifikasi Kapasitas Penampang

Outfall	**Q Rancangan** (m^3/dt)	**Jenis Penampang**	**Q Kapasitas** (m^3/dt)	**Kondisi Penampang**
PPLH	0,13	*Trapezoidal* Kecil	0,111	*Kurang kapasitas 14,6%*
FEB	3,88	*Trapezoidal* Besar	1,241	*Kurang kapasitas 17,8%*
Jurang Blimbing	0,08	*Rectangular* Kecil	0,020	*Kurang kapasitas 68%*
Peternakan	0,12	*Rectangular* Besar	0,039	*Kurang kapasitas 75%*
Tugu Arah LPPU	1,51	*Trapezoidal* Besar	1,241	*Kurang kapasitas 67,5%*

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan dengan kala ulang 5 Tahun, hujan rancangan pada area Kampus UNDIP Tembalang yaitu sebesar 142

mm, yang menghasilkan limpasan debit pada masing-masing lokasi *outfall* antara lain PPLH 0,13 m^3/dt, FEB 3,88 m^3/dt, Jurang Blimbing 0,08 m^3/dt, Peternakan 0,12 m^3/dt, Tugu Arah LPPU 1,51 m^3/dt. Penampang saluran pada PPLH dan FEB sudah mendekati kapasitas yang memadahi walaupun belum bisa menampung debit rancangan dengan baik, sedangkan pada Jurang Blimbing, Peternakan, dan Tugu arah LPPU mengalami defisit kapasitas yang cukup signifikan.

4.2. Saran

Mengingat pesatnya pembangunan gedung pada Kampus UNDIP Tembalang, keterbatasan lahan resapan, tingginya hujan maksimum, dan durasi hujan yang semakin pendek, maka untuk menunjang sistim drainase yang berkelanjutan, implikasi teknis yang diarahkan pada penerapan *rain harvesting*, kolam retensi, sumur resapan, dan pemanfaatan *pavement* berpori untuk mereduksi puncak debit dan memperkecil limpasan permukaan. Saran pada penelitian ini juga dapat dijadikan topik untuk penelitian selanjutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

Afifah, R. C., Sangkawati, S., Wulandari, D. A., & Suripin. (2023). Comparative Analysis of Observed and Empirical Rainfall Distribution for Flood Hydrograph Modeling. *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, *1268*(3), 1–15. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1268/1/012036

Anggraheni, E., Sutjiningsih, D., Mulyono, B. H., Agustiningrum, I., Yahya, D. M., Sipil, D. T., Teknik, F., Indonesia, U., Besar, B., Sungai, W., & Cisadane, C. (2022). Pengaruh Sebaran Spasial Hujan Terhadap Pemilihan Metode Hujan Wilayah Berbasis Analisis Geospasial. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, *2*(2), 81–92. https://doi.org/10.56860/jtsda.v2i2.41

BMKG. (2010). *Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi CUaca Ekstrim*.

Istiarto. (2024). *Analisis frekuensi data hidrologi (AProb_4.1)*. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. https://istiarto.staff.ugm.ac.id

Ikhwanudin, Harjanto, I. and Yudaningrum, F. (2024) 'Flood Management in the Babon River Watershed , Semarang City', 2024, pp. 500–507. doi: 10.18502/kss.v9i6.15299.

Ikhwanudin, Wahyudi, S. I. and Soedarsono (2020) 'Simulation of Catchment Area, Water Storage and Pump Capacity in Polder Drainage System', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 498(1). doi: 10.1088/1755-1315/498/1/012073.

Ikhwanudin, Yudaningrum, F. and Rossid, A. (2022) 'Penanggulangan Banjir di Jl. Brigjen S. Sudiarto, Kota Semarang Sta 0.00-8.00', *Matriks Teknik Sipil*, 10(2), p. 168. doi: 10.20961/mateksi.v10i2.61219.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Saluran KP-03*. Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*.

Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*(3), 251. https://doi.org/10.5614/jts.2011.18.3.6

Pheaktra, N., Istiarto, I. and Jayadi, R. (2018) 'Urban Flood Control in Sringin Catchment, Semarang City, Central Java Province, Indonesia', *Journal of the Civil Engineering Forum*, 4(2), p. 191. doi: 10.22146/jcef.33886.

Pratiwi, D. W. and Satria Negara, A. (2023) 'Perbandingan Pola Distribusi Hujan Terukur dan Metode Empiris dalam Perhitungan Debit Banjir Rencana DAS Jurug', *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(1), pp. 29–42. doi: 10.56860/jtsda.v3i1.55.

Rahmani, R. N. (2016) 'Transformasi Hujan Harian ke Hujan Jam-Jaman Menggunakan Metode Mononobe dan Pengalihragaman Hujan Aliran (Studi Kasus di DAS Tirtomoyo)', *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 176(Maret 2016).

Available at: https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/49916.

Rahmawati, E. *et al.* (2017) 'PENGEMBANGAN DRAINASE SISTEM POLDER SUNGAI SRINGIN', 6, pp. 282–291.

Rosyidie, A. (2013) 'Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan', *Journal of Regional and City Planning*, 24(3), p. 241. doi: 10.5614/jpwk.2013.24.3.1.

Sinaga, S. H. *et al.* (2017) 'Perencanaan Sungai Sringin sebagai Kanal Banjir', *... Karya Teknik Sipil*, 6, pp. 236–245. Available at: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/18365.

Sosrodarsono, S. and Kensaku, T. (2003) *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sriyono, E. (2012) 'Analisis Debit Banjir Rancangan Rehabilitasi Situ Sidomukti', *Jurnal Teknik*, 2(2/Oktober 2012).

Wei, Z., Chen, Y., Fang, G., Wang, Y., Li, Y., Liu, C., & Qian, J. (2025). Estimating River Discharge from Remotely Sensed River Widths in Arid Regions of the Northern Slope of Kunlun Mountain. *Water*, *17*, 1–21. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w17213105.