

**Evaluasi Sistem Drainase Kawasan Menggunakan Penginderaan Jauh Serta SWMM
(Studi Kasus : Daerah Pendidikan Kabupaten Jember)**
*Evaluation of Area Drainage System Using Remote Sensing and SWMM (Case
Study: Jember District Education Area)*

Nadia Sirientika¹, Adhitya Surya Manggala², Totok Dwi Kuryanto³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: nadiaseren77@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: m4ngg4la@gmail.com

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: totok@unmuhjember.com

Abstrak

Meningkatnya jumlah banjir di kawasan perkotaan sudah menjadi permasalahan yang diakibatkan terjadinya iklim ekstrim maupun pemeliharaan jaringan drainase yang buruk. Makalah ini menyajikan evaluasi sistem drainase kawasan dengan menggunakan penginderaan jauh serta juga pemodelan SWMM. Informasi geospasial yang dibutuhkan dalam pemodelan SWMM didapatkan dari citra DEMNAS sebagai acuan dalam mendapatkan informasi elevasi dengan pengolahan menggunakan ArcGis. Informasi Curah hujan juga yakni informasi utama guna pemodelan drainase, dimana hasil dari perhitungan ditemukan informasi Curah hujan dengan kala ulang 50 tahun sebesar 674,7175 m³/dt. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa hasil dari Continuity error sebesar 0,35% dimana nilai harus dibawah 10% agar dapat diterima., sebagian besar dari jaringan drainase yang diteliti mengalami maupun terjadi limpasan, dimana jaringan drainase tersebut tidak dapat menampung debit hujan yang terjadi dalam intensitas tinggi serta mengakibatkan terjadinya banjir di kawasan tersebut. Dari hasil yang didapatkan juga dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan secara berkala perlu dilakukan demi terjaganya suatu sistem drainase dari kerusakan terutama terhadap kawasan perkotaan yang notabennya yakni daerah pervious.

Keywords: ArcGis; Drainase; DEMNAS; Penginderaan Jauh; SWMM.

Abstract

The increasing number of floods in urban areas has become a problem caused by extreme climates or poor maintenance of drainage networks. This paper presents an evaluation of the area's drainage system using remote sensing and also SWMM (Strom Water Management Model) modeling. The geospatial information needed in SWMM (Strom Water Management Model) modeling are obtained from DEMNAS (Digital Elevation Model National) images as a reference in obtaining elevation information by processing using ArcGIS (Geographic Information System). Rainfall information is also the main information for drainage modeling, where the results of the calculations found Rainfall information with a 50 year return period of 674.7175 m³/s. The modeling results show that the result of the Continuity error is 0.35% where the value must be below 10% to be accepted. The modeling results show that most of the studied drainage network experienced or occurred runoff, where the drainage network was unable to accommodate high-intensity rain discharge and resulted in flooding in the area. From the results obtained it can also be concluded that periodic maintenance needs to be carried out in order to maintain a drainage system from damage, especially in urban areas which incidentally are pervious areas.

Keywords: ArcGis; Drainage; DEMNAS; Remote Sensing; SWMM.

1. PENDAHULUAN

Drainase yakni suatu sistem yang dibuat guna menangani perkara kelebihan air yang berada di atas serta di dasar permukaan tanah. Di Indonesia banyak wilayah rawan terhadap kelebihan air yang berpotensi terlanda banjir. Drainase bukanlah salah satunya metode guna mengatasi dampak dari banjir namun terhadap kondisi sistem drainase yang baik, bisa mengurangi dampak yang buruk akibat kelebihan air terhadap permukaan tanah. Drainase mempunyai makna mengalirkan, menguras, membuang maupun mengalihkan air. Jadi drainase memiliki peran sebagai pengendali kebutuhan air permukaan yang bermanfaat guna memperbaiki serta meminimalisir kawasan becek, genangan air, maupun banjir.

Drainase perkotaan yakni ilmu drainase yang memiliki tujuan khusus guna mengkaji kawasan perkotaan yang erat kaitannya terhadap kondisi lingkungan fisik serta lingkungan sosial budaya terhadap kawasan perkotaan. Di wilayah perkotaan, drainase dibuat guna mengalirkan air yang berasal dari hujan maupun air buangan supaya tidak menimbulkan dampak timbulnya genangan yang berlebihan terhadap kawasan tertentu. Drainase perkotaan memiliki kaitan terhadap suatu jaringan drainase serta membentuk satu sistem drainase perkotaan. Drainase perkotaan memiliki fungsi guna mengelola maupun mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu maupun merugikan masyarakat. Hal ini dikarenakan suatu kota terbagi-bagi menjadi beberapa kawasan yang saling berhubungan.

Lahan terhadap suatu perkotaan berpetak-petak sesuai pergunaannya yang bersumber terhadap perkembangan kota serta aktifitas penduduknya. *Jayadinata (1992:101)* mengemukakan bahwa tata guna lahan perkotaan menunjukkan pembagian dalam ruang serta peran kota. Penggunaan lahan perkotaan diklasifikasikan seperti berikut :

a. Lahan pemukiman, meliputi perumahan termasuk pekarang serta lapangan olahraga.

- b. Lahan jasa, meliputi perkantoran pemerintah serta swasta, kawasan pendidikan, kawasan kesehatan (rumah sakit) serta tempat ibadah.
c. Lahan perusahaan, meliputi pasar, toko, kios serta tempat hiburan.
d. Lahan industri, meliputi pabrik serta percetakan.

Penginderaan jauh yakni pengukuran maupun akuisisi informasi suatu objek maupun fenomena oleh suatu alat yang bukan secara fisik memiliki kontak terhadap objek tersebut maupun dari jarak jauh, misalnya dari pesawat, pesawat luar angkasa, satelit serta juga kapal.

Penginderaan jauh dipakai guna menganalisa tata guna lahan, memperoleh informasi elevasi digital yang berguna terhadap evaluasi drainase dikawasan perkotaan serta berguna dalam bisertag hidrologi.

Kawasan pendidikan Jember secara geografis terletak di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember berada di posisi $8^{\circ}09'35,78''S$ s/d $113^{\circ}43'09,08''E$. Jember yakni kabupaten diprovinsi Jawa Timur Indonesia. Kabupaten Jember berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo serta Kabupaten Bondowoso di utara, Kabupaten Banyuwangi di timur, Samudera Hindia di selatan serta Kabupaten Lumajang di barat. Kabupaten Jember terdiri dari 31 kecamatan. Kabupaten Jember terletak di wilayah Tapal Kuda, Jawa Timur.

Di Kelurahan Sumbersari tepatnya dikawasan pendidikan kabupaten Jember kerap kali terjadi limpasan banjir saat terjadi hujan, hingga berdampak timbulnya genangan diberbagai wilayah di jalan mastrip tersebut. Oleh sebab itu penulis ingin menganalisis serta mengevaluasi saluran drainase yang terdapat terhadap daerah tersebut serta memberi solusi terhadap permasalahan yang terjadi dengan penginderaan jauh menggunakan pengaturan SWMM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bertambahnya era, pencarian kesempatan kerja guna kehidupan yang lebih mapan

membuat banyak orang bermigrasi dari tempat mereka mengarah terhadap kawasan industri. Akibatnya, terjadinya urbanisasi kian cepat disekitar industry menimbulkan modifikasi maupun perbaikan tutupan lahan, terutama merubah permukaan vegetatif serta juga lahan tandus menjadi perkerasan serta infrastruktur yang kedap air. Hal membuat implikasi langsung terhadap sistem hidrologi, dampaknya volume tinggi limpasan air hujan membuat sistem drainase yang berada di daerah perkotaan tidak sesuai dengan kegunaannya. Terhadap banyak situasi, sistem drainase tidak sanggup dalam mengatasi kenaikan limpasan air yang berada terhadap kawasan perkotaan, sehingga banyak terjadi banjir perkotaan yang kerap kali dilihat di berbagai kota di dunia, termasuk Indonesia. Maka mengelolah air hujan perkotaan secara efisien sudah menjadi tanggung jawab yang luas di kemudian hari karena keterhadapan perkotaan terutama mengganti karakteristik limpasan, seperti volume, aliran puncak, waktu kepuncak serta waktu konsentrasi.

Sebagian besar negara di dunia memansertag urbanisasi yang kian kilat dimana tingkat perkembangan wilayah perkotaan cukup besar di negara berkembang dariterhadap di negara maju. Sehingga sangat penting guna menekuni efek dari urbanisasi di negara berkembang seperti halnya Indonesia, dimana pengelolaan sistem drainase yang tepat yakni persoalan yang serius. Frekuensi serta besarnya peristiwa curah hujan ekstrim sepanjang musim hujan telah bertambah dimasa kini disebabkan urbanisasi serta pergantian iklim global. Dampaknya, seluruh fenomena ini membuat jaringan drainase terbebani terhadap air hujan yang kerap kali tidak memadai maupun berlebihan.

A. Hidrologi

Hidrologi yakni salah satu aspek yang dibutuhkan dalam penyelesaian sesuatu kasus sumber daya air. Analisa hidrologi dibuat guna mencari pemecahan kasus yang membutuhkan sebagian information hidrologi semacam information curah hujan serta information debit, yaitu dasar dari perencanaan pengolahan

sumber daya air. Sehingga butuh asertaya pengelolaan information yang baik serta akurat agar cocok terhadap peraturan serta teori guna mendukung sesuatu ketepatan perencanaan.

Saat sebelum mengadakan suatu prediksi, dibutuhkan suatu analisa curah hujan. Sistem prakiraan dibutuhkan guna menyaksikan terpautnya pergantian keadaan alam terhadap waktu yang akan tiba. Taksiran debit bisa digunakan dalam masukan terhadap perencanaan bangunan air, dimana pemakaian tata cara yang pas sangatlah dibutuhkan supaya didapat hasil yang baik serta cocok sesuai dengan harapan. Penentuan debit bisa diuji dengan melaksanakan sesuatu pengukuran maupun prediksi secara langsung, maupun information dari historis. Prediksi langsung dari information yang didapat dari grafik tidak bisa membagikan kepastian tentang keakuratan yang didapat, oleh sebab itu diperlukan sesuatu tata cara yang bisa digunakan guna memprediksi dengan keakuratan yang besar.

B. Hidrolika

Hidrolika yaitu cabang ilmu teknik sipil yang menekuni tentang perilaku zat cair, ada beberapa cabang ilmu yang nyaris sama akan tetapi berbeda yakni ilmu hidrologi yang menekuni tentang air hujan debit sungai, banjir serta sejenisnya. Hidrolika yakni satu topik dalam Ilmu terapan juga suatu keteknikan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang menekuni sikap aliran air secara mikro maupun makro. Mekanika Fluida meletakkan dasar-dasar teori hidrolika yang difokuskan terhadap rekayasa sifat-sifat fluida.

Analisa hidrolika memiliki tujuan guna mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Ada pula tujuan dari penelitian ini guna membahas analisis hidrolika terhadap saluran drainase sebagai dasar guna melakukan rancangan ulang dimensi saluran selanjutnya menggunakan aplikasi pemodelan SWMM.

C. Curah Hujan

Curah hujan yakni jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dasar sepanjang periode tertentu yang diukur dengan satuan besar milimeter di atas permukaan horizontal. Curah

hujan juga memiliki arti lain, yakni sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang informationr, tidak menguap, tidak meresap serta tidak mengalir. Indonesia yakni negara yang mempunyai angka curah hujan bervariasi disebabkan wilayahnya yang berposisi terhadap ketinggian yang berbeda-beda. Curah hujan 1 (satu) milimeter, memiliki arti yakni dalam luasan satu meter persegi terhadap tempat yang informationr tertampung air setinggi satu milimeter maupun tertampung air setinggi 1 liter.

D. Drainase

Drainase yakni suatu sistem yang dibuat guna menanggulangi perkara kelebihan air yang berada di atas maupun di bawah permukaan tanah. Banyak wilayah di Indonesia yang rawan terhadap kelebihan air yang menimbulkan banjir. Drainase bukanlah satu-satunya metode yang berguna mengatasi banjir tetapi terhadap kondisi sistem drainase yang baik dapat meminimalisir dampak buruk disebabkan kelebihan air terhadap permukaan tanah. Drainase sendiri memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang, maupun mengalihkan air. Jadi, drainase dasarnya berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan guna memperbaiki serta mengurangi daerah becek, genangan air banjir.

Di kawasan pedesaan serta kawasan yang belum berkembang, drainase biasanya terbentuk secara alamiah selaku bagian dari siklus hidrologi. Drainase alami terus berubah-ubah secara konstan sesuai terhadap keadaan fisik lingkungan sekitar. Sesertagkan di wilayah perkotaan, drainase dibuat guna mengalirkan air yang berasal dari hujan maupun air buangan supaya tidak terjadi genangan berlebihan terhadap kawasan tertentu. Drainase perkotaan saling terpaat dalam satu jaringan drainase serta membentuk sistem drainase perkotaan (*UDS*). Hal ini dikarenakan suatu kota terbagi-bagi menjadi kawasan yang saling berkaitan. Drainase perkotaan yakni drainase di wilayah kota yang memiliki fungsi mengelola maupun mengatur air permukaan, sehingga tidak mengusik maupun merugikan masyarakat.

E. DEMNAS

DEMNAS yakni salah satu produk dari Baserta Information Geospasial guna melayani ketersediaan information elevasi di Indonesia. DEMNAS terdiri dari integrase beberapa information elevasi yang diolah dengan menggunakan metode *GMT-surface*. DEM Nasional dibentuk dari beberapa sumber information meliputi information *IFSAR* (resolusi 5m), *TERRASAR-X* (resolusi 5m) serta *ALOS PALSAR* (resolusi 11,25m), dengan menambahkan information Masspoint hasil *stereo-plotting*. Resolusi spasial DEMNAS yakni 0,27-arcsecond, dengan menggunakan datum vertical EGM2008.

Dari DEMNAS peneliti memperoleh information-information yang diperlukan guna melakukan penelitian salah satunya yakni information DEM guna wilayah Sumpersari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. DEM yakni model digital yang merepresentasikan tiga dimensi dari permukaan bumi yang sangat bermanfaat guna memberikan gambaran topografi yang lebih baik serta information spasial yang lebih akurat. DEM yang diperoleh dari fotogrametri akan digunakan dalam pembuatan model bahaya aliran piroklastik (awan panas) serta lahar.

F. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh yakni pengukuran maupun perolehan information dari beberapa sifat objek maupun fenomena dengan menggunakan alat perekam yang secara fisik tidak terjadi kontak langsung dengan objek maupun fenomena yang dikaji. (*American Society of Photogrammetry*)

Penginderaan jauh yakni upaya guna memperoleh, menunjukkan (mengidentifikasi), serta menganalisis objek dengan sensor terhadap posisi pengamatan daerah kajian. (*Avery*).

G. GIS

GIS maupun sistem information geografis yakni alat berbasis komputer guna menganalisa serta menganalisis peristiwa-peristiwa yang terjadi di bumi. Teknologi GIS mengintegrasikan informationbase umum dengan operasi seperti kueri serta analisis

statistik dengan visualisasi unik. GIS bisa menunjukkan aspek geografis serta manfaat analisis yang ditawarkan oleh peta.

Hal baru di era sekarang ini, kita dapat mengetahui pembuatan peta serta analisis geografis, tetapi GIS melaksanakan tugas-tugas ini dengan lebih baik serta lebih cepat dariterhadap metode manual (konvensional) yang lama. Serta, saat sebelum teknologi GIS muncul, hanya sedikit orang yang mempunyai keterampilan yang diperlukan guna menggunakan sebuah information geografis guna membantu pengambilan keputusan serta memecahkan masalah.

H. SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) yakni model yang sanggup guna menganalisa persoalan kuantitas serta kualitas air yang berkaitan dengan limpasan wilayah perkotaan. Storm Water Management dikembangkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency – US*), sejak 1971 (Huber and Dickinson, 1988). SWMM termasuk dalam kategori model hujan aliran dinamis yang dipergunakan terhadap simulasi dengan rentang waktu yang menerus maupun kejadian banjir sesaat. Model ini paling sering dikembangkan terhadap simulasi proses hidrologi serta hidrolika di wilayah perkotaan. SWMM sudah diaplikasikan secara luas guna pemodelan kuantitas serta kualitas air di wilayah perkotaan Amerika Serikat, Kanada, Eropa serta Australia. Model ini juga digunakan guna analisa hidrolika yang kompleks dalam masalah saluran pembuangan (sewer), manajemen jaringan drainase serta studi berbagai permasalahan polusi (Huber, 1992-2001).

Dalam studi ini program SWMM dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan program lain yang sejenis. Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat terhadap kondisi sesungguhnya. Hal ini menjadikan program SWMM dapat secara akurat memberikan hasil simulasi relatif sama dengan keadaan di lapangan. Selain itu program SWMM dapat juga digunakan guna

menganalisa masalah kualitas air dalam suatu basin. Dengan berbagai keunggulan serta belum banyak dikembangkan di Indonesia.

3. METODOLOGI

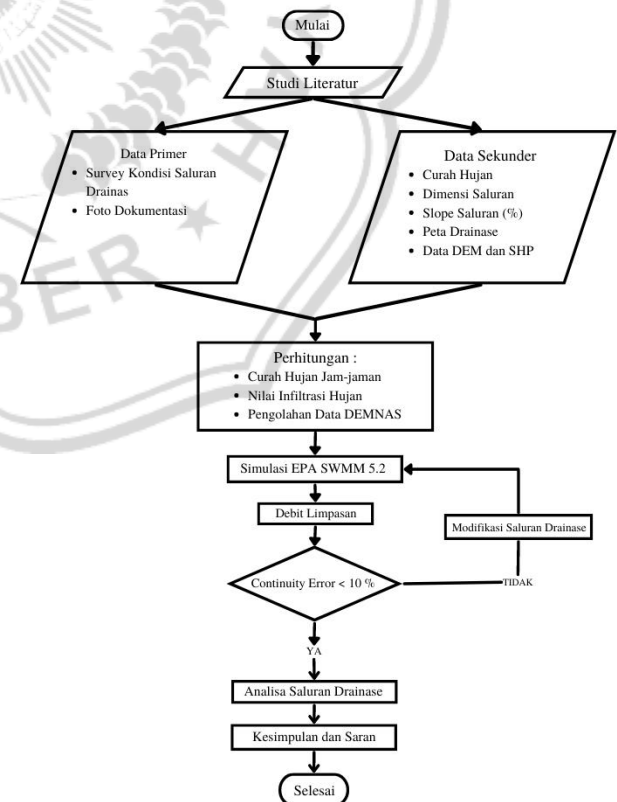
A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di kawasan pendidikan Kecamatan Summersari Kabupaten Jember. Secara geografis Kabupaten Jember terletak terhadap posisi $8^{\circ}09'35.78''S$ s/d $113^{\circ}43'09.08''E$.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth, 2022

B. Diagram Alur



Sumber : Hasil Perencanaan

C. Langkah-langkah Penelitian

i. Pengumpulan Information

Pengumpulan information dilakukan guna memenuhi syarat melakukan penelitian ini. Pengumpulan information dilakukan dengan dua metode yaitu survey lokasi secara langsung serta pengumpulan information sekunder melalui Dinas Pekerjaan Umum bagian keairan Kabupaten Jember. Beberapa information yang diperlukan terdiri dari information Curah Hujan, dimensi saluran yang diteliti, Elevasi saluran, peta lokasi penelitian, serta information DEM maupun SHP. Setelah mendapatkan information-information yang dibutuhkan, guna selanjutnya dilakukan pengolahan information-information tersebut.

ii. Menghitung Curah Hujan

Setelah memperoleh information curah hujan dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jember, selanjutnya dilakukan perhitungan dimulai dengan pengambilan information sesuai Stasiun Hujan yang diperlukan saja, kemudian diolah hingga mendapatkan nilai curah hujan rencana yang dibutuhkan guna melakukan penelitian ini.

Curah hujan guna durasi tertentu harus sesuai dengan distribusi probabilitas guna analisis frekuensi serta estimasi badai desain. Kesesuaian enam distribusi yaitu, *Gamma 3-parameter (GAM3)*, *Generalized Extreme Value (GEV)*, *Gumbel Extreme Value Type 1 (GUM)*, *3-parameter Lognormal (LN3)*, *Log-Pearson-Type- 3 (LP3)* serta distribusi normal dinilai melalui uji *Anderson-Darling (AD)*. Distribusi yang paling sesuai kemudian digunakan guna memplot kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (*IDF*) terhadap interval 30 menit guna periode ulang hujan 5, 10, 25, 50 serta 100 tahun. Kurva *IDF* kemudian digunakan guna mengembangkan hyetograph curah hujan, yang akan digunakan di *SWMM* guna dilakukannya simulasi jaringan drainase.

iii. Pengolahan Information terhadap Aplikasi *SWMM*

Dalam analisa debit banjir rencana digunakan program *EPA SWMM 5.2*. Dengan program *EPA SWMM 5.2* debit banjir rencana dapat dihitung secara kumulatif, supaya diperoleh debit banjir puncak yang maksimum guna desain selanjutnya. Dengan program *EPA SWMM 5.2* dapat direncanakan debit yang keluar supaya tetap konstan.

EPA SWMM dapat menghitung debit banjir dengan cara memodelkan suatu sistem drainase. Permukaan *subcatchment* diartikan sebagai *reservoir nonlinear*, air masuk melalui presipitasi serta *subcatchment* yang diatasnya. Lalu air akan mengalir dengan beberapa cara diantaranya melalui infiltrasi, evaporasi serta aliran permukaan. Aliran permukaan per unit area (Q) terjadi apabila air tanah telah mencapai maksimum serta tanah menjadi jenuh, guna memperoleh nilai Q dihitung dengan persamaan Manning . $Q =$

$$W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} \sqrt{S}$$

Keterangan :

Q = debit aliran yang terjadi (m^3/dtk)

W = lebar subcatchment (m)

n = koefisien kekasaran Manning

d = kedalaman air (m)

d_p = kedalaman air tanah (m)

S = kemiringan *subcatchment*

Selanjutnya limpasan yang terjadi (Q) akan mengalir melalui *conduit* maupun saluran yang ada. *SWMM* menggunakan persamaan Manning guna menghitung debit aliran.

$$Q = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} \sqrt{S}$$

Keterangan :

Q = debit saluran (m^3/dtk)

A = luas penampang saluran (m^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar saluran

n = bilangan Manning guna kekasaran saluran

iv. Infiltrasi

Infiltrasi yakni suatu proses di mana air hujan merembes masuk ke dalam tanah permukaan pervious *subcatchment area*. *SWMM* memberikan tiga pilihan guna memodelkan infiltrasi tapi dalam tugas akhir ini yang digunakan hanya persamaan Horton.

v. Persamaan Horton.

Metode ini berdasarkan hasil pengamatan empiris yang dilakukan oleh *RE. Horton (1940)* yang menunjukkan bahwa infiltrasi akan berkurang secara eksponensial dari nilai maksimum ke nilai minimum sesuai dengan persamaan:

$$fp = fc + (fo - fc)e^{-kt}$$

Keterangan :

- f_p = kapasitas infiltrasi (mm/jam)
- f_c = infiltrasi minimum (mm/jam)
- f_o = infiltrasi maksimum (mm/jam)
- t = waktu sejak awal hujan
- k = tetapan guna tanah tertentu (men⁻¹)

4. HASIL SERTA PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Hidrologi yakni ilmu yang menekuni sistem kejadian air di atas permukaan maupun dibawah permukaan tanah. Analisa hidrologi berguna menentukan besarnya curah hujan rencana serta debit banjir rencana dalam periode ulang tertentu (*return period*). Guna memperoleh nilai curah hujan rencana diperlukan information hujan yang berada di stasiun penakar hujan sekitar kawasan yang diteliti.

B. Analisa Curah Hujan Rencana

Analisa ini digunakan agar diperoleh information curah hujan rata-rata terhadap daerah tangkapan (*catchment area*) yang diteliti. Information yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tiga stasiun penakar hujan sekitar daerah penelitian dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Stasiun Hujan Kottok
2. Stasiun Hujan Karangkedawung
3. Stasiun Hujan DAM Semangir

C. Uji Konsistensi Information

Uji konsistensi information dilakukan guna mengetahui apakah information tersebut berada dalam klasifikasi information yang baik maupun tidak guna memperoleh angka debit. Sesertagkan guna information-information yang terhitung sesuai menentukan stasiun penakar hujan selama 10 tahun yaitu:

- R1 = rata-rata curah hujan tahunan

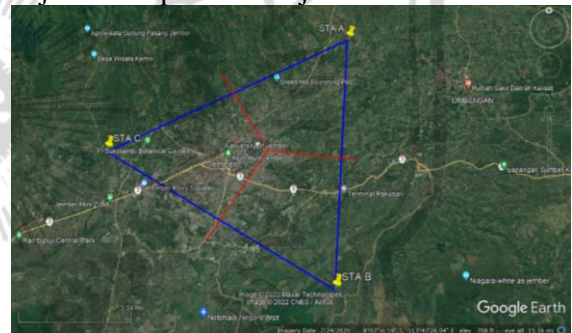
- R1 kom = komulatif jumlah total rata-rata curah hujan tahunan
- R2 = jumlah information hujan tahunan daerah sekitarnya
- R2 kom = komulatif jumlah information hujan daerah sekitarnya

D. Curah Hujan Maksimum

Perhitungan curah hujan maksimum diperoleh dari hasil rata-rata information curah hujan maksimum di setiap titik stasiun penakar hujan yang diteliti sehingga diperoleh hasil curah hujan rerata daerah.

E. Metode Polygon Thiessen

Metode *Polygon Thiessen* dilakukan guna mencari information curah hujan rata-rata daerah yang diperoleh dari rata-rata curah hujan disetiap stasiun hujan.



Gambar 2. Polygon Tesis
Sumber: Google Earth,2022

F. Analisis Information Hujan

Analisa yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode rata-rata aljabar, sebab meserta lokasi penelitian dalam kawasan topografinya terbilang cukup informationr, sehingga diperoleh hasil curah hujan rerata maximum daerah.

G. Analisa Frekuensi

Analisa ini dimaksudkan guna menentukan jenis distribusi yang sesuai dalam mendapatkan nilai curah hujan rencana. Pemilihan jenis distribusi curah hujan ini berdasarkan terhadap nilai koefisien variasi serta koefisien kurtosis.

Dalam analisa frekuensi, didapatkan nilai Cs sebesar 0,556 maka analisa debit banjir menggunakan distribusi *Log Person III*.

H. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian ini beryujuan mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Metode Smirnov Kolmogolof serta *Chi Square* yakni metode yang digunakan dalam uji ini. Apabila setiap metode diperoleh nilai yang sesuai standart nilai kritisnya, maka distribusi *Log Person III* dapat diterima.

I. Memperkirakan Laju Aliran Puncak

Laju aliran puncak dapat dikira-kira menggunakan metode Hidrograf satuan sintetik *Nakayusu*. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini yakni sebagai berikut:

Information :

- A = 86,16 Km²
- L = 4,7 Km
- C = 0,750

Berdasarkan ketentuan dimana $L < 15$ Km, maka guna mencari waktu konsentrasi (t_g) yakni:

$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} = 0,21 \times 4,7^{0,7} = 0,6204 \text{ jam}$$

$$t_r = 0,51 \times t_g \text{ sampai } t_g \text{ (jam)} = 0,51 \times 0,6204 \text{ sampai } 0,6204 = 0,3102 \text{ sampai } 0,6204$$

$$T_p = t_g + 0,8 t_r = 0,6204 + 0,8 \times 0,3102 = 0,8686 \text{ jam} = 1 \text{ jam}$$

Dengan nilai α sebesar 3,3983

$$T_{0,3} = \alpha t_g = 3,3983 \times 0,6204 = 2,1084 \text{ jam}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa, waktu yang dibutuhkan dari permulaan hujan ke puncak banjir sampai penurunan debit yaitu :

$$T_p = 0,8686 \text{ jam}$$

$$T_{0,3} = 2,1084 \text{ jam}$$

$$1,5 \times T_{0,3} = 1,5 \times 2,1084 = 3,1626 \text{ jam}$$

Guna memperkirakan laju aliran puncak (Q_p) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3}) \cdot 0,750 \times 86,16 \times 1}$$

$$Q_p = \frac{0,750 \times 86,16 \times 1}{3,6 (0,3 \times 0,8686 + 2,1084)}$$

$$Q_p = 7,577 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m³/det)

A = luas daerah pengaliran (km²)

C = koefisien pengaliran (C=0,751)

R_o = hujan satuan (1mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak.

Memperkirakan lengkung naik (*rising climb*) menggunakan rumus :

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$Q_a = 7,577 \left(\frac{0,5}{0,8686} \right)^{2,4}$$

$$Q_a = 2,0132 \text{ m}^3/\text{det}$$

Memperkirakan lengkung turun (*decreasing climb*)

$$1. \text{ Guna } Q_d > 0,3 Q_p ; Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p}{T_{0,3}}$$

Dengan $t = 1 \text{ jam}$

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p}{T_{0,3}} = 7,577 \times 0,3 \frac{1-0,8686}{2,1084} = 7,0294 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$2. \text{ Guna } 0,3 Q_p > Q_d > 0,32 Q_p ; Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}$$

Dengan $t = 3 \text{ jam}$

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} = 7,577 \times 0,3 \frac{3-0,8686+0,5 \times 2,1084}{3,1626} = 2,2533 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$3. \text{ Guna } 0,32 Q_p > Q_d ; Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}}$$

Dengan $t = 7 \text{ jam}$

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3 \frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}} = 7,577 \times 0,3 \frac{7-0,8686+0,5 \times 2,1084}{2 \times 3,1626} = 0,5334 \text{ m}^3/\text{det}$$

Guna mengontrol hasil dari debit banjir sesuai dengan waktu dapat dilihat terhadap table dibawah ini:

Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan metode kala ulang 50 tahun dengan waktu curah hujan per jam.

J. Analisis Kurva IDF

Setelah didapatkan nilai hujan rencana kala ulang, lalu information tersebut didistribusikan ke dalam satuan waktu yang lebih kecil. Grafik kurva IDF dapat dilihat terhadap gambar 5.

Dari kurva IDF terhadap gambar 5. Dapat diketahui bahwa intensitas hujan yang tertinggi berlangsung dengan durasi pendek. Hal ini memperlihatkan bahwa hujan deras terhadap umumnya berlangsung dalam jangka waktu singkat, namun hujan tidak deras berlangsung dalam waktu lama.

Table 1. Hasil perhitungan debit banjir rencana sesuai dengan waktu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
0	0.0000	bagian lengkung naik guna t < tp
0.5	2.0132	
0.9	7.5772	debit puncak
1	7.0294	guna Tp < t < Tp+T0,3
1.5	5.2835	
2	3.9712	
2.5	2.9848	
3	2.2533	
3.5	1.8627	Tp+T0,3 < t < Tp+2.5T0.3
4	1.5399	
4.5	1.2730	
5	1.0523	
5.5	0.8699	
6	0.7192	
6.5	0.5945	
7	0.5334	bagian lengkung turun guna t > Tp+2.5T0.3
7.5	0.4624	
8	0.4009	
8.5	0.3476	
9	0.3013	
9.5	0.2612	
10	0.2265	
10.5	0.1964	
11	0.1702	
11.5	0.1476	
12	0.1280	
12.5	0.1109	

Sumber : Information serta Hasil Perhitungan.

K. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan (*land use planning*) yakni pengaturan pemakaian lahan. Dalam tata guna lahan bukan hanya mengenai pemakaian permukaan bumi, namun juga mengenai pemakaian permukaan bumi dilautan. Tata guna lahan yakni struktur serta pola pemanfaatan tanah, baik yang direncanakan maupun tidak, yang meliputi persediaan tanah, penggunaan tanah, penggunaan tanah, serta pemeliharannya. Pemanfaatan lahan serta penataan lahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi eksisting alam.

Adapun tata guna lahan dikawasan penelitian sebagai berikut:

- a. Tata guna lahan perumahan: 838.388 m²
- b. Tata guna lahan tegalan : 465.587 m²
- c. Tata guna lahan fasum : 3.960 m²
- Total : 1.307.935 m²

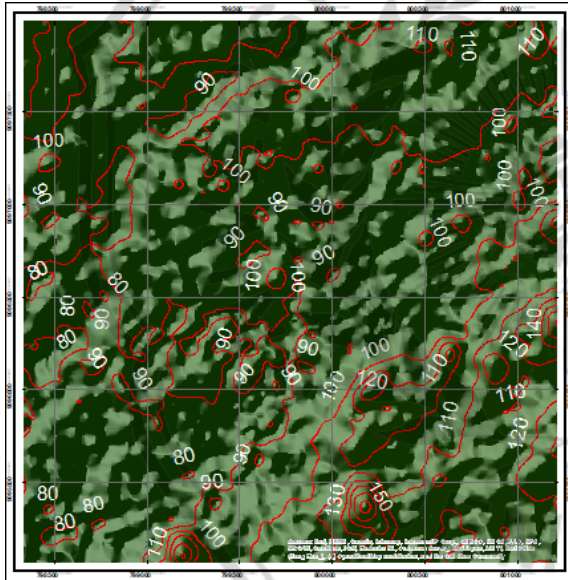
L. Pengolahan information DEMNAS

DEM yakni model digital yang merepresentasikan tiga dimensi dari permukaan bumi yang sangat bermanfaat dalam membagikan gambaran topografi yang lebih baik serta information spasial yang lebih akurat. DEM dalam penelitian ini digunakan guna mencari information elevasi saluran terhadap lokasi penelitian. Berikut tahapan yang perlu dilakukan:

1. Mendownload information DEM dari DEMNAS
2. Mengolah information DEM terhadap aplikasi ArcGis

FID	Shape	Id	POINT_X	POINT_Y	Z
0	Point	0	113.71593	-8.159096	99.787268
1	Point	0	113.717463	-8.159534	98.432041
2	Point	0	113.719266	-8.16009	91.603831
3	Point	0	113.720859	-8.160587	92.337503
4	Point	0	113.722783	-8.161291	94.268472
5	Point	0	113.723782	-8.162659	91.9815
6	Point	0	113.724486	-8.164686	93.148753
7	Point	0	113.724918	-8.166536	93.229366
8	Point	0	113.725314	-8.16746	98.260662
9	Point	0	113.726338	-8.167949	98.517913

Gambar 3. Information Elevasi
 Sumber: SWMM 5.2



Gambar 4. Peta Topografi Kawasan Studi
 Sumber: ArcGis 10.8

M. Evaluasi Saluran Drainase dengan Model SWMM 5.2

i. Infiltrasi terhadap Area Subcatchment

Infiltrasi yakni peristiwa masuknya air hujan maupun air permukaan ke dalam tanah (bawah permukaan) melalui celah maupun ruang pori tanah serta batuan. tingkat infiltrasi dipengaruhi oleh permeabilitas, tutupan vegetasi, volume air, intensitas curah hujan, tingkat pra-saturasi, topografi tanah, serta tingkat evapotranspirasi.

Guna nilai infiltrasi dari kondisi tanah mempunyai dua nilai infiltrasi maksimum serta nilai infiltrasi minimum. Nilai infiltrasi dapat dilihat seperti terhadap tabel berikut :

Tabel 2. Nilai Infiltrasi maksimum

No.	Kondisi Tanah	Jenis Tanah	Infiltrasi Maks. (mm/jam)
1	Kering dengan sedikit maupun tidak ada tumbuhan	Tanah berpasir Tanah lempung Tanah liat	5 3 1
2	Kering dengan sedikit tumbuhan	Tanah berpasir Tanah lempung Tanah liat	10 6 2
3	Tanah lembab	Tanah berpasir Tanah lempung Tanah liat	1,25 1 0,33

Sumber: Jurnal Teknik Sipil serta Lingkungan | Vol. 03 No. 03 Desember 2018

Tabel 3. Nilai Infiltrasi Minimum

Kel.	Pengertian	Infiltrasi Min. (mm/jam)
A	Potensi limpasa yang rendah. Tanah mempunyai tingkat infiltrasi yang tinggi meskipun ketika tergenang serta kedalaman genangan yang tinggi, pengeringan / penyerapan baik unsur pasir serta batuan.	>0.45
B	Tanah yang mempunyai tingkat infiltrasi bisa / medium ketika tergenang serta mempunyai tingkat kedalaman genangan medium. Pengeringan dengan keadaan biasa didapat dari <i>moderately fine to moderately course</i>	0,30-0,15
C	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah jika lapisan tanah guna pengaliran air dengan tingkat tekstur biasa ke tekstur baik. Contoh : lempung, pasir benalu.	0,15-0,05

Sumber: Jurnal Teknik Sipil serta Lingkungan | Vol. 03 No. 03 Desember 2018

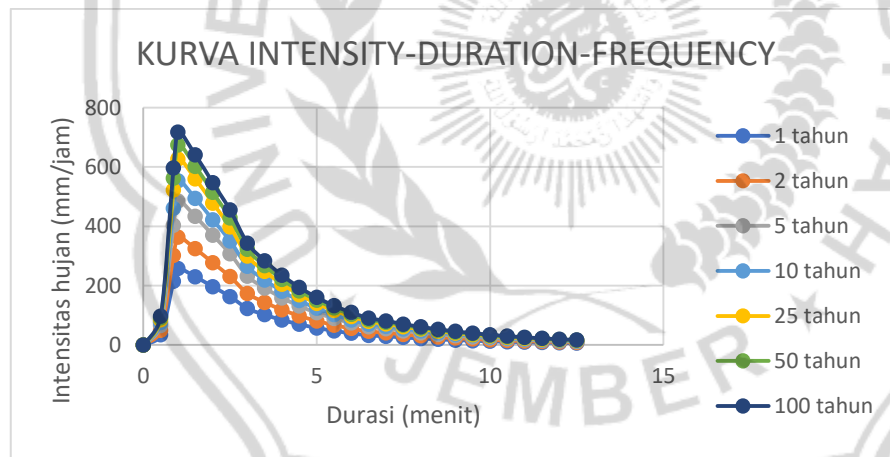
ii. Analisa Hidrolika dengan Pemodelan SWMM

Dalam penggunaan *Strom Water Management Model* (SWMM) information yang dibutuhkan guna pengaplikasiannya yakni dimensi saluran yang diteliti serta nilai curah hujan rencana guna kawasan yang diteliti.

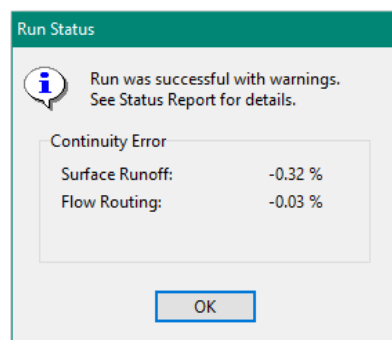
Pembuatan model jaringan dilakukan berdasarkan sistem drainase yang berada dilapangan. Model jaringan ini terdiri dari *subcatchment*, *node junction*, *conduit*, *outfall node*, serta *rain gage*. Setelah pemodelan jaringan, selanjutnya dimasukkan nilai-nilai parameter yang dibutuhkan, simulasi dapat dikatakan berhasil jika *continuity error* < 10%. Dapat dilihat terhadap gambar 6.

Dari hasil *running* didapatkan nilai *continuity error* hasil dari pemodelan SWMM sebesar $-0,35\% < 10\%$, maka dapat diterima maupun dapat dikatakan berhasil. Profil aliran dari beberapa saluran dapat dilihat terhadap gambar 7. Hasil simulasi terhadap saluran drainase menggunakan SWMM 5.2 menunjukkan bahwa terhadap *junction* 21 serta

19 serta terhadap *conduit* K1, J1, J2, *Joutfall* terjadi limpasan, dimana dimensi saluran tidak dapat menampung air saat debit puncak. Terhadap gambar 8. dapat terlihat *runoff* terhadap *subcatchment area* memiliki warna yang berbeda dimana guna limpasan terhadap area yang berwarna biru muda serta biru tua dapat dikatakan aman, sesertagkan guna warna kuning limpasan air yang terjadi hampir mendekati tidak aman akan tetapi masih dapat diterima. Volume terhadap *node/junction*, serta *flow* terhadap *link/conduit* sudah memenuhi syarat, akan tetapi tetap terjadi limpasan diberbagai titik *junction* serta *conduit* yang diakibatkan dimensi saluran tidak dapat menampung kapasitas air saat terjadi hujan terhadap jam puncak tertentu.

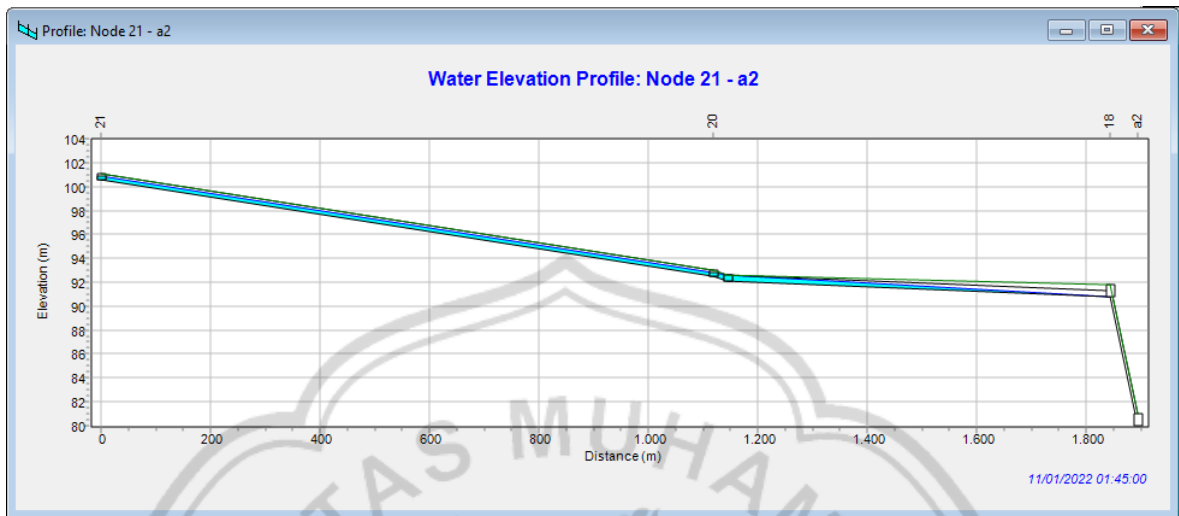


Gambar 5. Kurva IDF
Sumber: Hasil Perhitungan

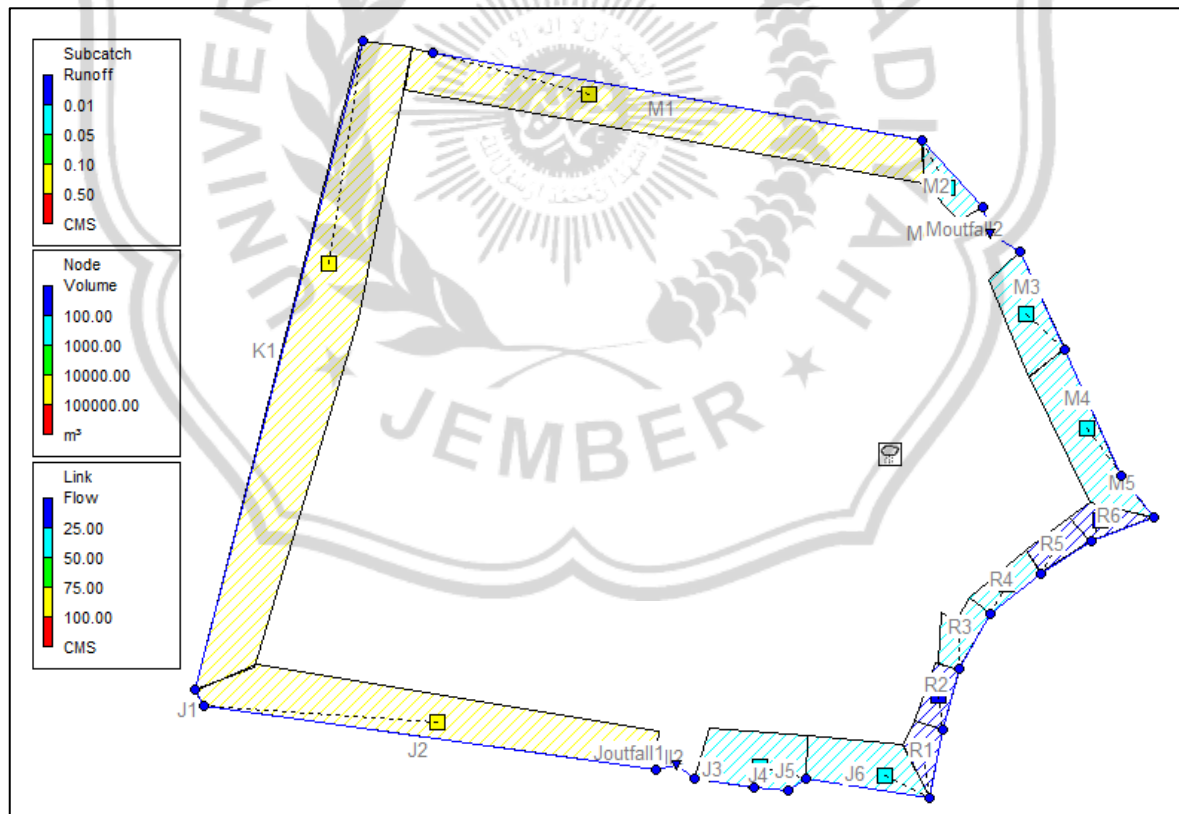


Gambar 6. Continuity Error

Sumber: SWMM 5.2



Gambar 7. Penampang Jaringan Drainase 4
Sumber: SWMM 5.2

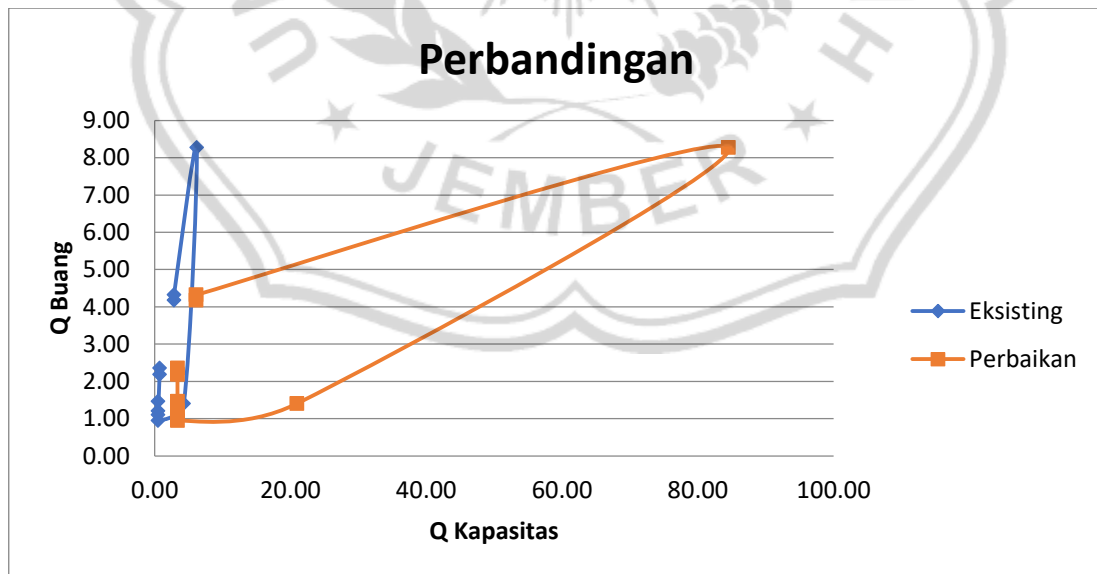


Gambar 8. Runoff, Volume, serta Flow
Sumber: SWMM 5.2

Tabel 4. Kondisi Penampang Saluran Drainase Eksisting

No	Sal.	B	H	A	P	R	S	V	Q Kap Penampang	Q yang dibuang	Ket
		(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)		(m ³ /det)	(m ³ /det)		
1	M1	1.20	0.80	0.96	2.80	0.34	0.11	16.34	15.69	15.27	Tidak Aman
2	M2	1.20	0.80	0.96	2.80	0.34	0.11	16.34	15.69	12.83	Tidak Aman
3	M3	0.80	1.00	0.80	2.80	0.29	0.11	14.47	11.58	8.96	Aman
4	M4	1.00	0.90	0.90	2.80	0.32	0.11	15.65	14.09	13.01	Tidak Aman
5	M5	1.00	0.90	0.90	2.80	0.32	0.11	15.65	14.09	11.47	Tidak Aman
6	R1	0.50	0.40	0.20	1.30	0.15	0.02	3.64	0.73	2.36	Tidak Aman
7	R2	0.50	0.40	0.20	1.30	0.15	0.02	3.64	0.73	2.18	Tidak Aman
8	R3	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	0.02	3.36	0.50	1.20	Tidak Aman
9	R4	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	0.02	3.36	0.50	1.46	Tidak Aman
10	R5	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	0.02	3.36	0.50	1.10	Tidak Aman
11	R6	0.50	0.30	0.15	1.10	0.14	0.02	3.36	0.50	0.95	Tidak Aman
12	J1	0.60	0.50	0.30	1.60	0.19	0.19	14.28	4.28	1.40	Tidak Aman
13	J2	0.60	0.50	0.30	0.07	4.29	0.01	20.63	6.19	8.27	Tidak Aman
14	J3	1.00	0.80	0.80	2.60	0.31	0.01	3.56	2.85	4.32	Tidak Aman
15	J4	1.00	0.80	0.80	2.60	0.31	0.01	3.56	2.85	4.18	Tidak Aman
16	J5	0.80	0.60	0.48	2.00	0.24	0.01	3.02	1.45	0.81	Aman
17	J6	0.80	0.50	0.40	1.80	0.22	0.01	2.87	1.15	3.07	Tidak Aman
18	K1	0.60	0.50	0.30	1.60	0.19	0.33	18.69	5.61	20.90	Tidak Aman

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kedepannya perlu dilakukan perbaikan saluran drainase yang ada dengan cara normalisasi dengan menyesuaikan dengan kapasitas debit yang dialirkan. Berikut grafik perbandingan dari debit kapasitas serta debit buang guna keadaan sebelum serta sesudah perbaikan:



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Q kapasitas serta Q buang
 Sumber: hasil serta Perhitungan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setelah perbaikan debit buang lebih kecil dari debit kapasitas, dengan kata lain saluran drainase setelah perbaikan masih dapat menampung debit buang.

5. KESIMPULAN SERTA SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dimulai dari pengumpulan information, analisa hidrologi guna mendapatkan debit hujan rencana yang nantinya dimasukkan dalam simulasi limpasan menggunakan aplikasi Strom Water Management Model (SWMM) didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tata guna lahan terhadap kawasan penelitian didominasi dengan kawasan pervious, serta impervious. Adapun tata guna lahan dikawasan penelitian sebagai berikut:
 - TGL Perumahan : 838.388 m²
 - TGL Tegalan : 465.587 m²
 - TGL Fasum : 3.960 m²
 - Total : 1.307.935 m²
2. Dari hasil simulasi SWMM yang dilakukan didapatkan hasil guna mengevaluasi sistem drainase yang ada. Berikut beberapa masalah dengan continuity error sebesar -0,35% terhadap sistem saluran yang terjadi:
 - a. Terhadap conduit R4, R5, J1, J2 serta K1 terjadi limpasan saat terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi.
 - b. Terhadap junction 8, 9, 10, 19 serta 21 juga terjadi limpasan air saat terjadi hujan dengan curah hujan yang tinggi terhadap jam puncak.
3. Dari masalah diatas didapatkan hasil evaluasi dimensi saluran guna normalisasi sebagai berikut:
 - a. B = 0,8 m x L = 0,8 m sebanyak **6 ruas**
 - b. B = 1,0 m x L = 1,0 m sebanyak **3 ruas**
 - c. B = 1,2 m x L = 1,2 m sebanyak **3 ruas**

B. SARAN

Dari penelitian yang dilakukan penulis dapat memberikan saran diantaranya:

1. Berdasarkan hasil kajian hidrologi serta SWMM terhadap perhitungan diatas, dari

total 18 ruas saluran drainase kedepan perlu dilakukan perbaikan sebanyak 12 ruas saluran drainase eksisting dengan cara normalisasi dengan menyesuaikan dengan kapasitas debit banjir rencana yang dialirkan

2. Pemeliharaan saluran drainase sangat diperlukan demi menjaga fungsi saluran tetap terjaga. Pemeliharaan dilakukan baik oleh pemerintah maupun warga sekitar.
3. Bagi kawasan yang yakni area pervious maupun yang memiliki daya resapan minim, disarankan guna membuat saluran pembuangan guna dialirkan ke saluran drainase yang tersedia agar tidak terjadi genangan saat terjadi hujan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Rizal, Nanang Saiful. 2014. *Aplikasi Perencanaan Irigasi serta Bangunan Air*. LPPM, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
- Rizal, Nanang Saiful. 2022. *Laporan Kajian Drainase Bumi Pakusari Indah*. PT. BARISAN BINAR BINTANG, Jember.
- Firmansyah Y, 2021. *BAB II Studi Pustaka*. Institut Teknologi Nasional.
- Siti Nurliana Has serta Sulistiawaty, 2018. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Guna Mengenal Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Kawasan Karst Maros*.
- Nadjadji Anwar serta Mahendra Andiek M., *Aplikasi Strom Water Management Model (SWMM) guna Daerah Aliran Sungai Deluwang Situbondo Jawa Timur*, Teknik Sipil ITS Surabaya.
- Oktamal Akhir serta Bambang Sulistiono, 2015. *Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Terhadap Kawasan jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta*.
- Guphta Guru Chythanya, Swain Sabyasachi, Al-Ansir Nadhir, Taloor Ajay Kumar,

Dayal Deen, India, 2021.
EVALUATION OF URBAN DRAINAGE SYSTEM AND ITS RESISTANCE USING REMOTE SENSING AND GIS.

Andrianto, Junaidi Ahmad, Irawan Bayu Budi, 2021. *Evaluasi Jaringan Drainase Kampus Universitas Dharma Andalas Menggunakan Software Strom Water Management Model*, Jurnal RIVET (Riset serta Invensi Teknologi) Program Studi Teknik Sipil-Universitas Dharma Andalas Vol.01 no.01 juni 2021

Harahap Rumilla, Jeumpa Kemala, Hadibroto Bambang, 2014. *Sistem Drainase Sebagai Pengendalian Banjir Kota Meserta.*

Oktoprianica Verdhi D., Suhartanto Ery, Wahyuni Sri, Analisa Curah Hujan Terhadap Debit Limpasan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation di DAS Welang, Jurnal Teknik Sipil, Vol, IX, No. 2, 2020.