

SIKLUS : Jurnal Teknik Sipil

p- ISSN 2443- 1729 e- ISSN 2549- 3973 Vol 9, No. 1, April 2023 pp 66 -81

Banjir dan Model Pembangunan Berdampak Rendah Di Sungai Sringin Menggunakan SWMM

Nurdicky Febrian Aditya^{*1}, Suharyanto², Suripin³

¹ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Semarang

Submitted :01, February,2023

Accepted: 06 Maret, 2023

Abstrak

Sungai Sringin berada di wilayah Semarang Timur, Kecamatan Genuk merupakan daerah yang bertopografi rendah dan berbatasan langsung dengan laut Jawa. Perkembangan industri, perdagangan, pelabuhan, serta pertumbuhan penduduk yang cepat sebesar 2,84% per tahun (BPS Kota Semarang, 2021) menjadikan kawasan Semarang Timur khususnya Kecamatan Genuk sebagai pusat pertumbuhan utama. dan terminal jasa distribusi. Hal ini akan mempengaruhi daerah Sungai Sringin sebagai daerah tangkapan air. Pada 6 Februari 2021 telah terjadi limpasan air permukaan di beberapa wilayah Sub Das Sringin dikarenakan intensitas hujan yang tinggi serta kurangnya daerah infiltrasi air hujan yang ada. Maka dari itu diperlukan metode LID untuk mengurangi limpasan air permukaan. Dari pemodelan yang dilakukan menggunakan *Software Strom Water Management Model (SWMM)* di dapat bahwa puncak limpasan air permukaan tertinggi berada pada Subcatchment 6 dengan nilai 23.10 m³/s. Untuk mereduksi limpasan air permukaan yang ada digunakan metode pembangunan berdampak rendah. Metode pembangunan berdampak rendah (LID) merupakan cara mengelola air hujan dalam skala mikro terutama pada kawasan tangkapan air hujan yang besar. Pada penelitian ini digunakan metode *Rain Barrel*, *Bioretention Cell*, dan *Infiltration Trench* yang merupakan contoh dari penerapan pembangunan berdampak rendah. Hasil dari pemodelan dengan menggunakan ketiga metode tersebut didapatkan pada nilai limpasan air permukaan mengalami penurunan.

Kata Kunci : Sungai Sringin; Metode Pembangunan Berdampak Rendah; SWMM; Puncak Limpasan Air Permukaan.

Abstract

The Sringin River is located in the East Semarang area, Genuk District, which is an area with low topography and is directly adjacent to the Java Sea. The development of industry, trade, ports, and rapid population growth of 2.84% per year (Semarang City BPS, 2021) have made the East Semarang area, especially the Genuk District, a major growth center. and terminal distribution services. This will affect the Sringin River area

*Corresponding author e-mail : nurdickyfebrian@yahoo.co.id

as a water catchment area. On 6 February 2021 surface water runoff occurred in several areas of the Sringin sub-watershed due to high rain intensity and reduced rainwater infiltration areas. Therefore a LID method is needed to reduce surface water runoff. From the modeling carried out using the Storm Water Management Model (SWMM) software, it is found that the peak of the highest surface water runoff is in Subcatchment 6 with a value of 23.10 m3/s. To reduce water runoff from existing structures, low-impact construction methods are used. The low impact development method (LID) is a way of managing rainwater on a micro scale, especially in large rainwater catchment areas. In this study the Rain Barrel, Bioretention Cell, and Infiltration Trench methods were used which are examples of low-impact development applications. The results of modeling using these three methods show that the value of surface water runoff which has decreased.

Keywords : Sringin River Basin; Low Impact Developement Method; SWMM; Peak Runoff

A. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi tanpa didukung perencanaan dan pengendalian maka bisa menimbulkan kerusakan lingkungan. Sebagai contoh adalah penggunaan lahan hutan menjadi lahan terbangun yang masih belum mempertimbangkan konsep konservasi lahan akan meningkatkan erosi, longsor, dan banjir. Hal ini mengakibatkan penggunaan lahan menjadi kurang optimal ditinjau dari sisi lingkungan yang akan memberikan kontribusi dalam kerusakan lahan. Aktivitas dan kepentingan manusia yang berbeda-beda menjadi pendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan

Kota Semarang terletak antara garis $6^{\circ}50'$ - $7^{\circ}10'$ Lintang Selatan dan garis $109^{\circ}35'$ - $110^{\circ}50'$ Bujur Timur. Dibatasi sebelah Barat oleh Kabupaten Kendal, sebelah Timur oleh kabupaten Demak, sebelah Selatan dengan Kabupaten Semarang dan sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa oleh panjang garis pantai meliputi 13,6 Km. Ketinggian Kota Semarang terletak antara 0,75 sampai dengan 348,00 dpl. Berdasarkan hasil sensus penduduk tahun 2020, jumlah

penduduk Kota Semarang tercatat sebesar 1.653.524 jiwa. Dan pada tahun 2021 jumlah penduduk meningkat menjadi 1.656.564 jiwa. Dengan demikian laju pertumbuhan penduduk per tahun 2020 – 2021 sebesar 0,25% (BPS Kota Semarang, 2021).

Sungai Sringin berada di wilayah Semarang Timur, Kecamatan Genuk merupakan daerah yang bertopografi rendah dan berbatasan langsung dengan laut Jawa. Perkembangan industri, perdagangan, pelabuhan, serta pertumbuhan penduduk yang cepat sebesar 2,84% per tahun (BPS Kota Semarang, 2021) menjadikan kawasan Semarang Timur khususnya Kecamatan Genuk sebagai pusat pertumbuhan utama dan terminal jasa distribusi. Hal ini akan mempengaruhi daerah Sungai Sringin sebagai daerah tangkapan air. Dengan adanya perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan serta pertumbuhan penduduk yang cepat maka akan mempengaruhi proses infiltrasi air hujan yang turun ke dalam tanah. Air yang tidak dapat terinfiltasi akan berubah menjadi *run off* dan dapat menganggu mobilisasi dan kegiatan masyarakat di wilayah

tersebut. Permasalahan lain yang terjadi wilayah Sungai Sringin adalah topografi pada daerah tersebut cenderung datar. Hal ini membuat aliran air dari beberapa catchment area yang mengalir menuju ke hilir menjadi lambat. Terlebih lagi kondisi elevasi pada wilayah Sringin pada saat ini lebih rendah dibanding daerah sekitarnya seperti wilayah Tenggang dan Babon. Menurut Suripin et. al. (2015) selama kurun waktu tahun 2014-2031 pengaruh land subsidence terhadap peningkatan luas genangan banjir dan rob di DAS Tenggang dan Sringin sebesar 23,6% atau 1,39% per tahun. Sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi kejadian dan dampak banjir.

Dikutip dari Radar Semarang Jawa Pos terbit pada 7 Februari 2021. Tanggal 6 Februari 2021 Kota Semarang diguyur hujan dengan intensitas tinggi dan menyebabkan sejumlah titik mengalami banjir, salah satunya berada di Kecamatan Genuk Kelurahan Banjardowo

Menurut (Djoko Suwarno, 2021) *Low Impact Development* merupakan cara mengelola air hujan dalam skala mikro terutama pada kawasan tangkapan air hujan yang besar. Dalam pengembangan konsep LID, diutamakan mempertahankan kondisi lingkungan alami tanpa adanya gangguan terhadap lingkungan sekitar. LID dapat dilaksanakan dengan merancang struktur bangunan yang digunakan menyimpan atau menampung air hujan (*storage*), menahan limpasan air hujan (*detain*), menginfiltasikan, dan menguapkan (*evaporate*). Prinsip LID mampu mengurangi limpasan di ujung saluran (*off-site stream*), serta membantu mengisi kembali air tanah (*groundwater recharge*). Menurut Sutrisno (2011), pembangunan merpengaruhi kondisi hidrologis area tersebut, maka perlu pengendalian LID terpusat pada kondisi hidrologi area pembangunan (*on-site hydrology*).

hidrologi area pembangunan (*on-site hydrology*).

Melihat dari berbagai informasi diatas perihal perkembangan penduduk, penggunaan lahan yang didorong dengan pembangunan yang terjadi di wilayah Semarang Timur khususnya diwilayah DAS Sringin maka diperlukan langkah untuk mengurangi resiko dan dampak banjir yang terjadi dengan upaya – upaya yang terarah seperti memanfaatkan air hujan serta menerapkan konsep pembangunan berdampak rendah.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Low Impact Development (LID)*

Menurut (Djoko Suwarno, 2021) *Low Impact Development* merupakan cara mengelola air hujan dalam skala mikro terutama pada kawasan tangkapan air hujan yang besar. Dalam pengembangan konsep LID, diutamakan mempertahankan kondisi lingkungan alami tanpa adanya gangguan terhadap lingkungan sekitar. LID dapat dilaksanakan dengan merancang struktur bangunan yang digunakan menyimpan atau menampung air hujan (*storage*), menahan limpasan air hujan (*detain*), menginfiltasikan, dan menguapkan (*evaporate*). Prinsip LID mampu mengurangi limpasan di ujung saluran (*off-site stream*), serta membantu mengisi kembali air tanah (*groundwater recharge*). Menurut Sutrisno (2011), pembangunan merpengaruhi kondisi hidrologis area tersebut, maka perlu pengendalian LID terpusat pada kondisi hidrologi area pembangunan (*on-site hydrology*).

2. *Rain Barrel*

Salah satu cara dari metode pembangunan berdampak rendah yang sangat minimalis dan dapat diterapkan di wilayah pemukiman atau tempat tempat

dengan wilayah tidak memiliki area yang luas. *Rain Barrel* (Gambar B.1) digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan limpasan air hujan, biasanya dari atap melalui pipa. Hal ini dapat digunakan pada catchment area yang masuk kedalam lingkup perindustrian

3. Bioretention Cell

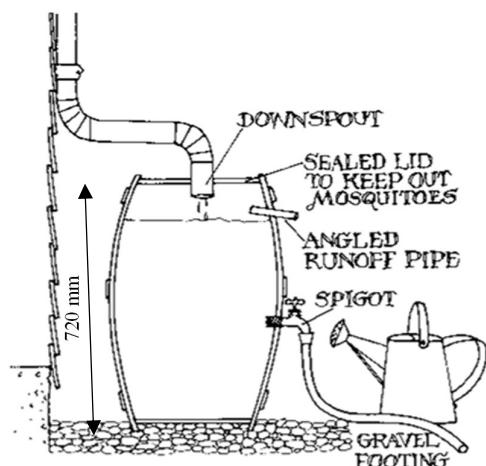
Sistem “*Bioretention*” (Gambar B.3) yang dibangun dapat menjadi bagian ruang terbuka hijau dan dirancang berdasarkan jenis tanahnya, kondisi lokasi dan tata ruang rencana wilayah pengembangan. Penggunaan *Bioretention* sebagai ruang terbuka hijau di daerah *real estate* dapat meningkatkan nilai estetika daerah yang dikembangkan (Cofman, 2000; Winogradoff, 2001). *Bioretention* mengintegrasikan fungsi pengurangan polusi dan tampungan aliran permukaan akibat dari penyaringan/pembersihan sampah dan sedimentasi. Pemberian compost dan pemeliharaan serta penggantian tanaman merupakan usaha pemeliharaan dan pengoperasian *Bioretention* yang perlu dilaksanakan. Untuk memelihara tanaman di *Bioretention* sebaiknya tidak perlu atau tidak boleh menggunakan pupuk buatan. Tumbuhan yang ditanam pada *Bioretention* seyogyanya menggunakan tanaman asli daerah, agar

mudah tumbuh karena cocok dengan kondisi iklim daerahnya. Pengurangan polutan dari air limpasan permukaan yang berupa sedimen, metal serta kandungan lain merupakan efek sedimentasi, proses penyaringan dari media yang digunakan serta proses mikrobiologi dari material organik (Cofman, 2000; Winogradoff, 2001).

4. Infiltration or Percolation Trench

Teknologi *Infiltration Trench* (Gambar B.2) ini memungkinkan untuk menampung *run off* dalam waktu tertentu sebelum diresapkan kedalam tanah. Teknologi dapat diterapkan pada area curah hujan rendah sehingga kemungkinan terjadinya sedimentasi yang dapat mengganggu performa teknologi akibat pengikisan permukaan tanah rendah. Area yang dapat diterapkan teknologi ini pada skala kecil.

Nilai permeabilitas yang dikehendaki untuk teknologi ini adalah $>2.16 \text{ cm/jam}$. Teknologi ini dapat mengurangi debit *run off* secara langsung menggunakan lahan permukaan yang luas. Desain mudah untuk di terapkan. Kekurangan yang ada pada teknologi ini yaitu hanya dapat diterapkan pada skala kecil. Sulit diterapkan pada area dengan curah hujan tinggi. Rawan terjadi



penyumbatan akibat sedimen yang berasal dari pengikisan pada permukaan.

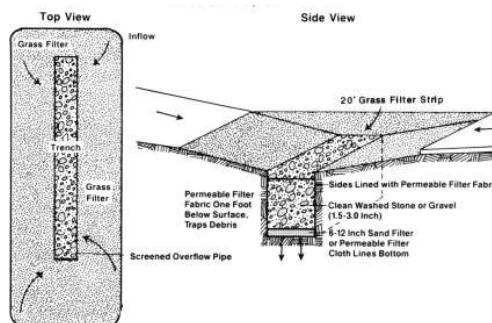
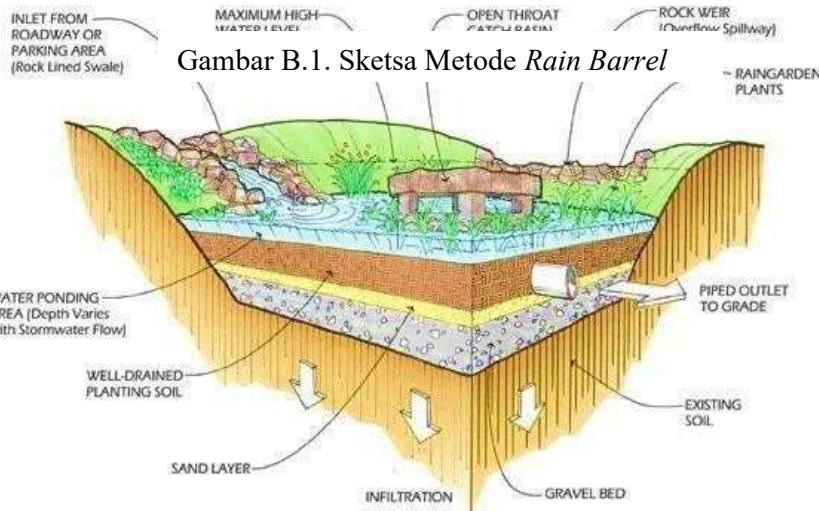


Figure 3: Median Strip Trench Design
Source: Schueler, 1987.

Gambar B.2. Sketsa Metode Infiltration



Gambar B.3. Sketsa Metode Bioretention Cell

C. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

DAS Srtingin (Gambar C.1) merupakan salah satu DAS yang berada pada wilayah pengelolaan Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana. Banjir yang terjadi di kawasan industri Terboyo dan kawasan permukiman di sekitarnya disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya perubahan tata guna lahan pada daerah das dari lahan tertutup menjadi kawasan perindustrian, perumahan. Selain itu kurangnya area

kedap air yang ada sehingga limpahan air permukaan tidak dapat menyerap kedalam tanah.

2. Tahapan Penelitian

Di dalam pelaksanaan penelitian ini memerlukan suatu tahapan yang membantu dalam menentukan langkah-langkah penelitian. Dengan adanya tahapan penelitian diharapkan dapat memperlancar serta mempermudah dalam mencapai sasaran sesuai yang

diharapkan. Berikut merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis yang tersaji pada bagan alir tahapan (Gambar C.2).



Gambar C.1. Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang sudah ada dan diambil langsung pada instansi-instansi terkait. Sedangkan data primer merupakan data yang diambil langsung dengan melakukan survei lapangan guna untuk melengkapi data-data sekunder yang tidak tersedia atau kondisi data yang sudah lama dan tidak akurat lagi.

a. Data Primer

Pengumpulan data ini merupakan teknik pengumpulan yang diperoleh langsung dari sumbernya, baik melalui pengamatan (observasi) langsung maupun wawancara pada responden yang terkait. Adapun data primer yang diperlukan meliputi morfometri sungai mencakup lebar sungai, kedalaman sungai, tinggi saluran sisi tanggul, kekasaran sungai, lebar dasar sungai, kondisi sungai.

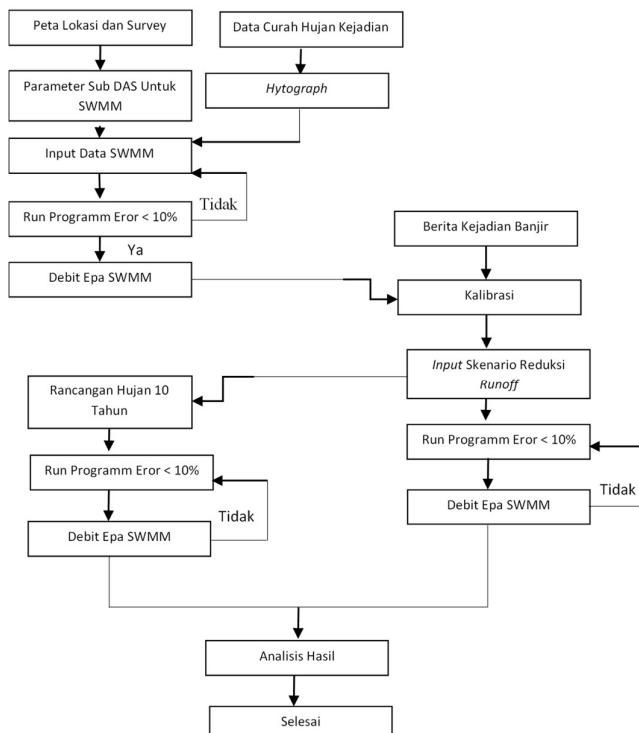
b. Data Sekunder

Merupakan pengumpulan secara tidak langsung dari sumber/obyeknya. Data ini berupa rencana pembangunan dan data numerik yang dapat diperoleh melalui buku literatur, dokumen penelitian atau melalui kajian literatur sendiri. Sumber yang terkait bisa dari institusi pemerintah, pendidikan maupun swasta. Dan instansi yang akan dituju adalah Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Tata Ruang, Dinas ESDM, BAPPEDA, BPN/ATR, Badan Pusat Statistik, BBWS Pemali Juana serta instansi-instansi terkait lainnya

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa EPA SWMM Kondisi Eksisting

Pada rencana simulasi kondisi eksisting digunakan curah hujan pada tanggal kejadian informasi yaitu 6 Februari 2021. Dalam proses input yang ada hujan tersebut diasumsikan sebagai



Gambar C.2. Bagan Alir Tahapan Penelitian

hujan yang terjadi pada setiap satu jam pada hari tersebut (Gambar D.1).

a. Rain Gage

Setelah menentukan curah hujan yang asli ditentukan untuk dimasukkan kedalam pemodelan, maka langkah selanjutnya adalah dengan memasukkan nilai curah hujan tersebut kedalam pemodelan SWMM bagian *Time Series*. Data yang akan digunakan oleh penulis diasumsikan sebagai data hujan yang terjadi pada saat waktu tersebut. Sehingga dalam proses inputnya penulis mengasumsikan bahwa hujan yang terjadi di 1 jam pada hari tersebut sebesar hujan yang terjadi di hari itu (Gambar D.1). Setelah proses input time series kedalam time series, maka kita atur untuk sumber data pada menu *rain gage* dengan mengganti sesuai *time series* yang telah dibuat

b. Parameter Subcathment

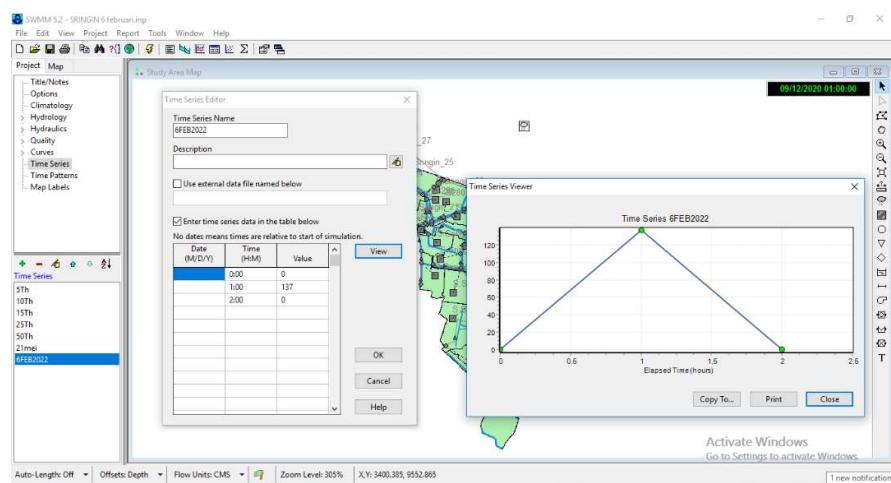
Di dalam *Subcatchment* terdapat beberapa parameter yang harus di masukkan. Tabel D.2. merupakan rekapitulasi nilai luas area, nilai *impervious*, *pervious*, persen angka *impervious*, persen angka *slope* serta lebar yang didapatkan dari data konsultan dan tim pengukuran.

c. Parameter Junction

Junction adalah titik pertemuan dari dua atau lebih aliran sungai. Parameter yang digunakan dalam pemodelan ini tersaji dalam Tabel D.3.

d. Parameter Conduit

Conduit adalah saluran terbuka maupun tertutup yang berfungsi sebagai penghubung antara satu *junction* ke *junction* yang lain. Parameter conduit yang digunakan meliputi tersaji dalam Tabel D.4. dibawah ini.



Gambar D.1. Proses Input Time Series

Tabel D.2 Parameter Subcatchment

| Nama | Luas (Ha) | N-Imperv | N-Perv | P-Imperv | P-Slope | Width | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|-------------|-------------|
| Jl. Akbar S. Sringin 4 | 93 : Minum Koordinat | 0.81 -0.57 1.00 | 0.1 0.01 | 0.1 0.01 | 0.07 0.01 | : 500 Ketangk Besa/Kampung | | | | | | | |
| Elew Sringin 5 | 37.1 : -8 m | 0.01 | 0.1 | 0.01 | 0.3 | : Balai PSDA Bodri Kuto | | | | | | | |
| SVS Sringin 6 | 66.7 : K Babo | 0.01 | 0.1 | 0.01 | 0.31 | : Dinas PU Pengiran | | | | | | | |
| Tanah perduan S. Sringin | 50.1 : - | 0.01 | 0.1 | 0.01 | 0.17 | : 2021 500 | | | | | | | |
| S. Sringin 1 | 3.38 | 0.01 | 0.1 | 3.0 | BULAN (mm) | 500 | | | | | | | |
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Des | |
| S. Sringin 9 | 15.0 | 16.0 | 9.0 ⁺ 0.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 0.0 ⁺ 0.7 | 4.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 4.0 | 1.0 | |
| S. Sringin 10 | 74.05 | 3.0 | 0.0 ⁺ 11.0 | 0.01 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.1 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 32.5 | 0.0 | |
| S. Sringin 11 | 51.09 | 6.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.16 | 100.0 | 358 8.8 | 0.0 | 3.0 | 20.0 | |
| S. Sringin 12 | 3.0 | 70.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 30.0 | |
| S. Sringin 13 | 314.87 | 0.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.07 | 0.0 | 397 8.8 | 0.0 | 8.5 | 8.0 | |
| S. Sringin 14 | 99.05 | 37.0 | 0.0 ⁺ 113.0 | 0.01 | 7.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.08 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.0 | |
| S. Sringin 15 | 14.0 | 17.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 43.0 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.04 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.0 | |
| S. Sringin 16 | 15.0 | 17.0 | 0.0 ⁺ 23.0 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 0.0 ⁺ 0.04 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 17 | 48.6 | 33.0 | 0.0 ⁺ 15.0 | 19.0 | 0.0 | 80 2.5 | 0.0 ⁺ 0.07 | 0.0 | 62 ⁺ 3.0 | 29.0 | 0.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 18 | 28.0 | 34.0 | 0.0 ⁺ 10.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 28.0 | 0.0 ⁺ 0.01 | 2.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 28.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 19 | 8.0 | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 63.0 | 1.0 | |
| S. Sringin 20 | 21.0 | 3.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 20.0 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.1 | 0.0 | 32 ⁺ 8.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 21 | 36.09 | 20.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.04 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 26.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 22 | 8.0 | 0.0 | 0.0 ⁺ 10.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.06 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 36.5 | 0.0 | |
| S. Sringin 23 | 6.0 | 8.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 1.0 | 0.0 | 11.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 0.0 | 52 ⁺ 0.0 | 0.0 | 10.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 24 | 42.06 | 12.0 | 0.0 ⁺ 17.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.14 | 16.0 | 40 ⁺ 0.0 | 0.0 | 8.0 | 5.0 | |
| S. Sringin 25 | 18.06 | 15.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 6.0 | 0.0 ⁺ 1 | 2.0 | 80 2.0 | 0.0 ⁺ 0.03 | 0.0 | 24 ⁺ 8.0 | 44.0 | 1.5 | 9.0 |
| S. Sringin 26 | 5.0 | 6.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 27 | 68.0 | 85.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 7.0 | 0.0 | 90 25.0 | 0.0 ⁺ 0.02 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 28 | 48.6 | 13.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 30.0 | 0.0 | 90 6.0 | 0.0 ⁺ 0.09 | 16.0 | 31 ⁺ 8.4.9 | 9.0 | 7.0 | 6.0 | |
| S. Sringin 29 | 9.0 | 1.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 3.0 | 0.0 | 7.0 | 0.0 ⁺ 0.05 | 3.0 | 40 ⁺ 5.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | |
| S. Sringin 30 | 2.0 | 2.0 | 0.0 ⁺ 12.0 | 0.0 | 0.0 | 33.0 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.5 | 20.0 | 3.0 | |
| S. Sringin 31 | 48.6 | 7.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 97.7 ⁺ 4.5 | 0.0 ⁺ 0.09 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 39.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 32 | 25.09 | 37.0 | 0.0 ⁺ 19.0 | 39.0 | 1.0 | 80 2.0 | 0.0 ⁺ 0.09 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 1.0 | 36.0 | |
| S. Sringin 33 | 25.0 | 66.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 35.0 | 0.0 ⁺ 0.09 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | |
| S. Sringin 34 | 0.0 | 68.0 | 0.0 ⁺ 3.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 30.0 | 0.0 ⁺ 0.09 | 0.0 | 50 ⁺ 0.0 | 0.0 | 3.0 | 3.5 | |
| S277 | 27 | 33.03 | 0.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 ⁺ 1 | 18.0 | 0.0 | 0.0 ⁺ 0.5 | 0.0 | 153 ⁺ 6.0 | 4.5 | 0.0 | 6.0 |
| S280 | 28 | 25.0 | 2.0 | 0.0 ⁺ 50.0 | 70.0 | 0.0 ⁺ 18.0 | 0.0 ⁺ 0.6 | 0.0 | 83 ⁺ 2.0 | 0.0 | 2.0 | 15.0 | |
| S281 | 29 | 34.0 | 3.0 | 0.0 ⁺ 1.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 ⁺ 0.0 | 0.0 | 8.5 | 0.0 | 4.0 | |
| S282 | 30 | 26.0 | 0.0 ⁺ 15.0 | 0.0 ⁺ 1 | 0.0 | 80 0.0 | 0.0 ⁺ 0.6 | 0.0 | 70 ⁺ 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| S283 | 31 | 32.0 | 0.0 ⁺ 15.0 | 0.1 | 21.0 | 25 | 0.0 ⁺ 0.5 | 5.0 | 500 | 14.5 | 47.0 | | |
| Hujan Maks | | 151.09 | 37.0 | 0.0⁺150.0 | 48.0 | 7.0 | 2535.0 | 100.5 | 100.0 | 50⁺7.0 | 44.0 | 63.0 | 47.0 |
| Jml. Curah Hujan | | 393.0 | 780.0 | 195.0 | 173.0 | 104.0 | 201.0 | 10.0 | 168.0 | 226.0 | 122.0 | 304.0 | 221.5 |
| Jml. Hari Hujan | | 20 | 24 | 16 | 9 | 9 | 13 | 1 | 8 | 12 | 10 | 21 | 18 |
| Jml. data (1-15) | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Jml. Hujan (1-15) | | 163.0 | 372.0 | 82.0 | 84.0 | 7.0 | 62.5 | 10.0 | 106.0 | 119.0 | 32.0 | 216.5 | 77.0 |
| Jml. Data (16-31) | | 16 | 13 | 16 | 15 | 16 | 15 | 16 | 16 | 15 | 16 | 15 | 16 |
| Jml. Hujan (16-31) | | 230.0 | 408.0 | 113.0 | 89.0 | 97.0 | 138.5 | 0.0 | 62.0 | 107.0 | 90.0 | 87.5 | 144.5 |
| Tahunan | | Hujan Maksimum | | | Jumlah Curah Hujan | | | Jumlah Hari Hujan | | | Hujan Ekstrim | | |
| | | 137.0 | | | 2897.5 | | | 161 | | | 182 | | |

Tabel D.3. Tabel Parameter *Junction*

| Node | Elv (m) | Max Depth (m) |
|--------------|---------|---------------|
| J. Babon 2 | 7.99 | 1 |
| J. Babon 3 | 7 | 1 |
| J. Babon 4 | 4 | 6 |
| J.Sringin 2 | 4 | 1 |
| J.Sringin 3 | 6 | 2 |
| J.Sringin 4 | 5 | 1 |
| J.Sringin 5 | 3 | 2 |
| J.Sringin 6 | 2.95 | 1.5 |
| J.Sringin 7 | 2.8 | 1 |
| J.Sringin 8 | 2.4 | 2 |
| J.Sringin 9 | 1.5 | 2.5 |
| J.Sringin 10 | 2 | 2.5 |
| J.Sringin 11 | 2.4 | 2 |
| J.Sringin 13 | 2.2 | 2 |
| J.Sringin 14 | 2.2 | 2 |
| J.Sringin 15 | 2.9 | 0 |
| J.Sringin 16 | -2.69 | 1.69 |
| J.Sringin 17 | -3.43 | 2.46 |
| J.Sringin 18 | -3.4 | 2.41 |
| J.Sringin 19 | -3.5 | 2.5 |
| J207 | 2.3 | 0 |

| | | |
|------|-------|------|
| J230 | 2 | 2 |
| J233 | 5 | 6 |
| J234 | 2 | 2 |
| J235 | 6 | 5 |
| J236 | 2.2 | 2 |
| J239 | 5.2 | 6 |
| J240 | 1 | 0 |
| J241 | 2.3 | 0 |
| J242 | 2 | 1.5 |
| J243 | 1 | 1.5 |
| J244 | 1.5 | 1.5 |
| J245 | 2.7 | 1.5 |
| J246 | 2.7 | 1.5 |
| J247 | 2.3 | 1.5 |
| J248 | 2.8 | 1.5 |
| J249 | 2.4 | 2.5 |
| J250 | 2.1 | 2.5 |
| J251 | 6.3 | 0 |
| J252 | 6.2 | 0 |
| J253 | 6.7 | 2 |
| J254 | 5.3 | 0 |
| J255 | 3.5 | 0 |
| J256 | 5.5 | 2 |
| J257 | -3.42 | 2.53 |

Tabel D.4. Tabel Parameter Conduit

| NO | Nama Saluran | Ukuran (m) | | | Shape | Inlet Node | Outlet Node | Roughness |
|----|--------------|------------|-------|---------|-------------------|--------------|--------------|-----------|
| | | Kedalaman | Lebar | Panjang | | | | |
| 1 | C.babon 2 | 7.39 | - | 1823.4 | Irregular | J.Babon 2 | J.Babon 3 | 0.02 |
| 2 | C.Sringin 2 | 2 | - | 1063.9 | Irregular | J.Sringin 2 | J.Sringin 6 | 0.02 |
| 3 | C.Sringin 6 | 2 | - | 277.2 | Irregular | J.Sringin 6 | J.Sringin 7 | 0.02 |
| 4 | C.Sringin 7 | 2 | 3 | 526 | Rectangular open | J.Sringin 7 | J.Sringin 8 | 0.01 |
| 5 | C.Sringin 8 | 2 | 3 | 450 | Rectangular open | J.Sringin 8 | J.Sringin 11 | 0.01 |
| 6 | C.Sringin 12 | 2 | 8 | 711.6 | Rectangular open | J.Sringin 14 | J250 | 0.015 |
| 7 | C.Sringin 14 | 5 | 52 | 450 | Rectangular close | J.Sringin 17 | J.Sringin 18 | 0.01 |
| 8 | C.Sringin 15 | 5 | 52 | 469.3 | Rectangular close | J.Sringin 18 | J.Sringin 19 | 0.01 |
| 9 | C152 | 2 | - | 470 | Irregular | J.Sringin 15 | J.Sringin 7 | 0.02 |
| 10 | C232 | 7.39 | - | 2736 | Irregular | J.Babon | Babon | 0.02 |
| 11 | C291 | 5 | 52 | 700 | Rectangular open | J257 | J.Sringin 17 | 0.015 |
| 12 | C294 | 2 | 13 | 750 | Rectangular open | J243 | J.Sringin 16 | 0.015 |
| 13 | C307 | 7.39 | - | 400 | Irregular | J233 | J.Babon 4 | 0.01 |
| 14 | C314 | 2.5 | 3 | 950 | Rectangular open | J236 | J.Sringin 10 | 0.015 |
| 15 | C315 | 2.5 | 3 | 577 | Rectangular open | J.Sringin 10 | J.Sringin 9 | 0.015 |
| 16 | C318 | 1 | 0.5 | 400 | Rectangular open | J253 | J.Sringin 3 | 0.01 |
| 17 | C321 | 2 | - | 200 | Irregular | J.Sringin 5 | J.Sringin 6 | 0.02 |
| 18 | C322 | 2 | 2 | 400 | Rectangular open | J.Sringin 12 | J240 | 0.01 |
| 19 | C324 | 7.39 | - | 400 | Irregular | J235 | J239 | 0.01 |
| 20 | C325 | 7.39 | - | 400 | Irregular | J239 | J233 | 0.01 |
| 21 | C331 | 1 | - | 400 | Circular | J.Sringin 12 | J.Sringin 13 | 0.01 |
| 22 | C332 | 2 | 3 | 649 | Rectangular open | J.Sringin 13 | J230 | 0.01 |
| 23 | C334 | 1.5 | 1 | 820 | Rectangular close | J242 | J244 | 0.015 |
| 24 | C336 | 2 | 13 | 400 | Rectangular open | J230 | J243 | 0.01 |
| 25 | C337 | 1.5 | 1.5 | 200 | Rectangular open | J245 | J246 | 0.01 |
| 26 | C338 | 1.5 | 1.5 | 600 | Rectangular open | J246 | J247 | 0.01 |
| 27 | C339 | 1.5 | 1.5 | 988 | Rectangular open | J248 | J245 | 0.01 |
| 28 | C340 | 3 | 5 | 400 | Rectangular close | J.Sringin 11 | J241 | 0.01 |
| 29 | C341 | 3 | 5 | 450 | Rectangular open | J241 | J.Sringin 14 | 0.01 |
| 30 | C342 | 2 | 1.5 | 400 | Rectangular close | J247 | J.Sringin 14 | 0.01 |
| 31 | C343 | 1 | - | 400 | Circular | J249 | J250 | 0.01 |
| 32 | C344 | 2 | 10 | 635 | Rectangular open | J250 | J.Sringin 16 | 0.01 |
| 33 | C345 | 1.5 | 1 | 400 | Rectangular open | J244 | J243 | 0.01 |
| 34 | C346 | 2 | 3 | 370.5 | Rectangular open | J207 | J.Sringin 17 | 0.01 |
| 35 | C347 | 1.75 | 3 | 2361 | Rectangular open | J251 | J252 | 0.01 |
| 36 | C348 | 1 | - | 400 | Circular | J.Sringin 5 | J.Sringin 6 | 0.01 |
| 37 | C350 | 1 | 2 | 400 | Rectangular open | J.Sringin 4 | J.Sringin 5 | 0.01 |
| 38 | C351 | 2 | - | 801 | Irregular | J.Sringin 3 | J256 | 0.01 |
| 39 | C352 | 1 | 1 | 768 | Rectangular open | J252 | J254 | 0.01 |
| 40 | C353 | 1 | - | 400 | Circular | J254 | J.Sringin 2 | 0.01 |
| 41 | C354 | 2 | 1.5 | 400 | Rectangular open | J255 | J256 | 0.01 |
| 42 | C355 | 2 | - | 400 | Irregular | J256 | J.Sringin 4 | 0.01 |
| 43 | C356 | 2 | 13 | 200 | Rectangular open | J.Sringin 16 | J257 | 0.01 |
| 44 | C. Trimulyo | 7.39 | - | 250 | Irregular | J.Babon 3 | J235 | 0.02 |

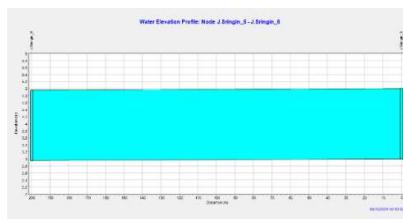
2. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting

Setelah dilakukan *running simulation* pada kondisi eksisting diketahui nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -0,17% dan *flow routing* 0,09%.

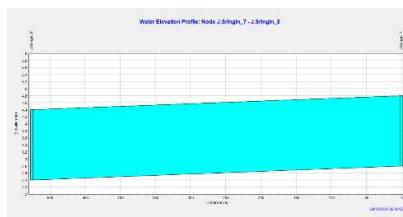
Seperti yang nampak pada Gambar D.2 hingga D.4 dapat dilihat *junction* dan *conduit* yang tidak dapat menampung debit aliran sehingga terjadi limpasan. Hal ini ditunjukkan lewat garis muka air yang berwarna biru muda yang berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran. *Junction 2 - Junction 6*, *Junction 5 - Junction 6*, *Junction 6 menuju Junction 7*, *Junction 7 menuju Junction 8*, *Junction 242 menuju Junction 241*. Rekapitulasi tempat yang mengalami limpasan beserta keterangan lengkapnya disajikan dalam Tabel D.1.

Tabel D.1 Rekapitulasi Saluran Kondisi Limpas

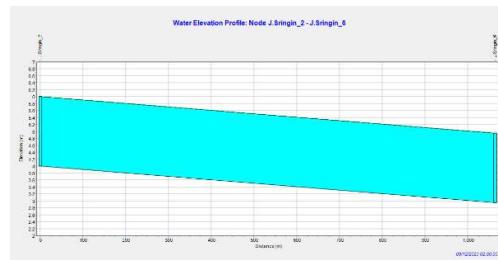
| NO | Saluran | Debit Luapan (m ³ /s) | Waktu Luapan (jam) | Kondisi |
|----|-------------|----------------------------------|--------------------|---------|
| 1 | J.Sringin 2 | 12.333 | 0.83 | Meluap |
| 2 | J.Sringin 5 | 9.574 | 1.24 | Meluap |
| 3 | J.Sringin 6 | 9.188 | 1.43 | Meluap |
| 4 | J.Sringin 7 | 17.488 | 1.17 | Meluap |
| 5 | J.Sringin 8 | 18.318 | 1.72 | Meluap |
| 6 | J242 | 4.431 | 1.26 | Meluap |
| 7 | J244 | 3.218 | 0.91 | Meluap |



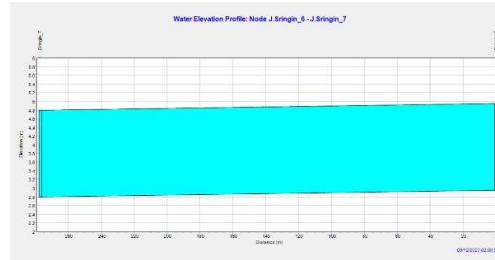
Gambar D.1. Water Profile J.S.5 – J.S.26



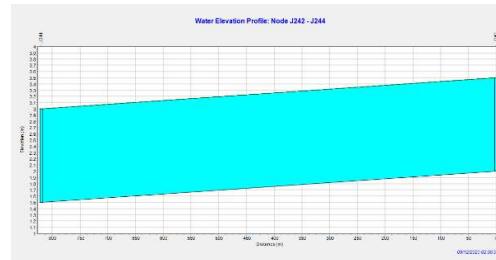
Gambar D.2. Water Profile J.S.2 – J.S.6



Gambar D.3. Water Profile J.S.2 – J.S.6



Gambar D.4. Water Profile J.S.6 – J.S.7



Gambar D.5. Water Profile J.S.242 – J.S.244

3. Kalibrasi Pemodelan

Di ketahui titik yang terjadi pada pemodelan terjadi genangan masuk ke dalam wilayah Banjardowo, dan Woltermonginsidi (Tabel D.1. dan Gambar D.1 – D.5) serta berdasarkan berita yang terbit pada Radar Semarang Jawa Pos tanggal 6 Februari 2021 terjadi banjir di Banjardowo dan Woltermonginsidi maka dapat dikatakan pemodelan eksisting merupakan perwakilan kondisi yang ada pada lapangan. Selain itu hujan yang digunakan pada pemodelan merupakan hujan yang terjadi pada hari itu serta hasil *running* pemodelan menunjukkan nilai *continuity error* pada *surface runoff* sebesar -0,17% dan *flow routing* 0,15% maka

pemodelan dapat diterima. Hal ini merujuk pada buku pedoman Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 halaman 134 yang menyatakan bahwa apabila nilai *continuity error* dibawah 10% maka pemodelan dapat diterima.

Tabel D.2 Rekapitulasi Kalibrasi

| No | Wilayah Pada Berita | Pemodelan | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------------|------------|
| 1 | Jalan Raya Woltermonginsidi | J.Sringin 2 | Meluap |
| 2 | Jalan Raya Banjardowo | J.Sringin 5 | Meluap |
| 3 | Jalan Raya Banjardowo | J.Sringin 6 | Meluap |
| 4 | Jalan Raya Woltermonginsidi | J.Sringin 7 | Meluap |
| 5 | Jalan Raya Woltermonginsidi | J.Sringin 8 | Meluap |
| 6 | Kawasan Genuk | J242 | Meluap |
| 7 | Kawasan Genuk | J244 | Meluap |

4. Alternatif Penanganan Banjir Menggunakan Low Impact Developement Method

Setelah sebelumnya kita mengetahui kondisi eksisting dari model, maka kita dapat memasukkan pengaruh LID untuk mengetahui reduksi yang ditimbulkan akibat adanya LID.

Dalam simulasi ini penulis memilih lokasi pada Subcatchment 6, Subcatchment 7, Subcatchment 10, Subcatchment 11, Subcatchment 12, Subcatchment 20, Subcatchment 280, Subcatchment 282, dan Subcatchment 283 untuk diberikan input LID Control. Tersaji pada Tabel D.3. rekapitulasi Jenis LID yang digunakan.

5. Hasil Simulasi Menggunakan Penerapan Low Impact Developement Method

Didapatkan hasil *continuity error surface runoff* senilai -0.15% dan *flow routing* -0.04%. Nilai tersebut mengalami penurunan dan masih dibawah 10%. Hal ini dikatakan bahwa model dapat diterima.

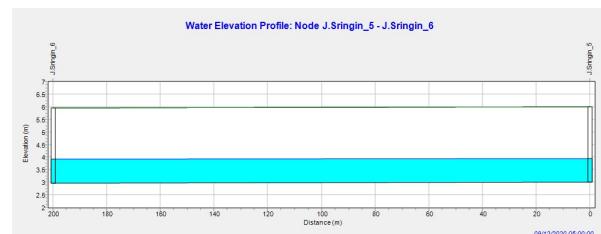
seperti yang nampak pada Tabel 5.15 yang merupakan rekап kondisi setelah adanya skenario baik dari penambahan LID maupun desain penyesuaian saluran. Tidak ada genangan yang terjadi pada wilayah yang sebelumnya terjadi genangan. Gambar D.6 – Gambar D.10 menunjukkan bahwa garis muka air yang berwarna biru muda yang semula berada di ujung atau garis muka air yang berada diatas bibir saluran

Tabel D.3. LID Control yang digunakan

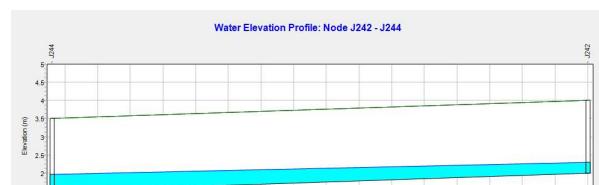
| NO | Subcatchment | Type of LID | Area of Each Unit (m ²) | Num of Unit | Surface Width Per Unit (ft or m) | % Initially Saturated | % Impervious Area Treated | % Previous Area Treated |
|----|------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | Subcatchment 6 | Rain Barrel | 22233.33333 | 20 | 5 | 0 | 50 | 66.7 |
| 2 | Subcatchment 7 | Bio-Retention Cells | 100200 | 5 | 20 | 15 | 50 | 100 |
| 3 | Subcatchment 10 | Rain Barrel | 23866.66667 | 20 | 5 | 0 | 50 | 66.7 |
| 4 | Subcatchment 11 | Rain Barrel | 17030 | 30 | 5 | 0 | 50 | 100 |
| 5 | Subcatchment 12 | Rain Barrel | 12613.33333 | 20 | 5 | 0 | 50 | 66.7 |
| 6 | Subcatchment 20 | Infiltration Trench | 16200 | 1 | 100 | 20 | 0 | 20 |
| 7 | Subcatchment 280 | Rain Barrel | 5266.666667 | 20 | 5 | 0 | 50 | 66.7 |
| 8 | Subcatchment 282 | Rain Barrel | 7400 | 20 | 5 | 0 | 50 | 66.7 |
| 9 | Subcatchment 283 | Bio-Retention Cells | 264580 | 5 | 20 | 15 | 50 | 100 |

Tabel D.4. Hasil Simulasi dengan LID

| NO | Saluran | Setelah Ada Skenario | | Setelah Ada Skenario | | |
|----|-------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------|
| | | Debit Luapan (m ³ /s) | Waktu Luapan (jam) | Kondisi | Debit Luapan (m ³ /s) | Waktu Luapan (jam) |
| 1 | J.Sringin 2 | 12.333 | 0.83 | Meluap | - | - |
| 2 | J.Sringin 5 | 9.574 | 1.24 | Meluap | - | - |
| 3 | J.Sringin 6 | 9.188 | 1.43 | Meluap | - | - |
| 4 | J.Sringin 7 | 17.488 | 1.17 | Meluap | - | - |
| 5 | J.Sringin 8 | 18.318 | 1.72 | Meluap | - | - |
| 6 | J242 | 4.431 | 1.26 | Meluap | - | - |
| 7 | J244 | 3.218 | 0.91 | Meluap | - | - |

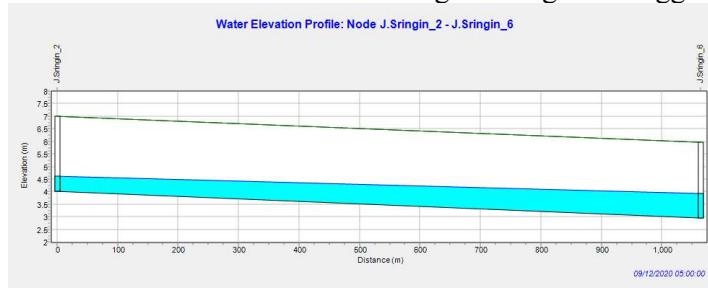


sekarang sudah berada dibawah bibir saluran.

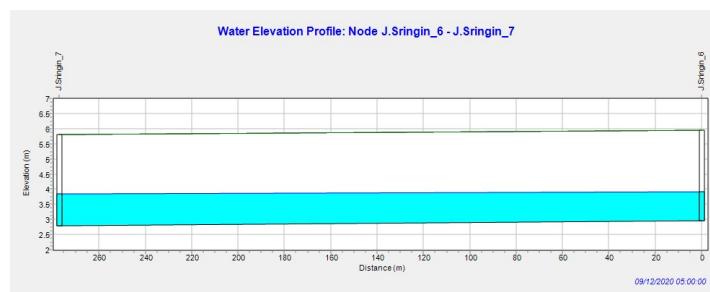


Gambar D.7. Water Profile J.S.242 – J.S.244

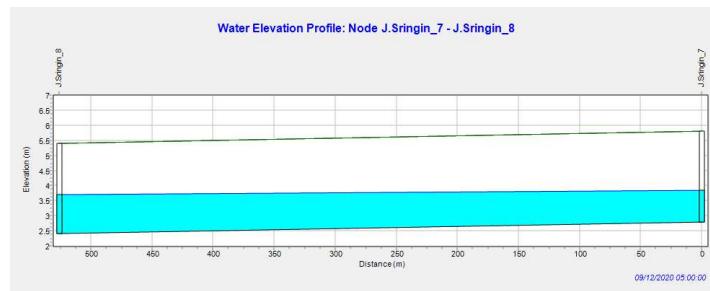
Sungai Sringin Menggunakan Swmm



Gambar D.8. Water Profile J.S.2 – J.S.6



Gambar D.9. Water Profile J.S.6 – J.S.7



Gambar D.10. Water Profile J.S.7 – J.S.8

Tabel D.4 Rekapitulasi Perbandingan Nilai Peak Runoff

| Subcatchment | SUBCATCHMENT EKSISTING | | | | SUBCATCHMENT SETELAH ADANYA SKENARIO | | | | | |
|--------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|---------------|-----------|
| | Total Runoff mm | Total Runoff 10 ⁶ ltr | Peak Runoff CMS | Run Off Coeff | Date | Total Runoff mm | Total Runoff 10 ⁶ ltr | Peak Runoff CMS | Run Off Coeff | Date |
| S.Sringin_7 | 109.8 | 55.01 | 8.22 | 0.801 | 06-Feb-21 | 78.87 | 39.51 | 2.63 | 0.576 | 06-Feb-21 |
| S.Sringin_6 | 130.53 | 87.07 | 23.1 | 0.953 | 06-Feb-21 | 45.92 | 30.63 | 8.48 | 0.335 | 06-Feb-21 |
| S.Sringin_10 | 130.42 | 93.38 | 23.09 | 0.952 | 06-Feb-21 | 20.67 | 14.8 | 4.14 | 0.151 | 06-Feb-21 |
| S.Sringin_12 | 131.46 | 49.74 | 12.81 | 0.96 | 06-Feb-21 | 20.78 | 7.86 | 2.21 | 0.152 | 06-Feb-21 |
| S280 | 127.78 | 20.19 | 5.87 | 0.933 | 06-Feb-21 | 44.69 | 7.06 | 2.08 | 0.326 | 06-Feb-21 |
| S282 | 89.16 | 19.79 | 5.73 | 0.651 | 06-Feb-21 | 12.25 | 2.72 | 0.92 | 0.089 | 06-Feb-21 |

E. KESIMPULAN

Pada penelitian Banjir Dan Model Pembangunan Berdampak Rendah Di

didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Kondisi pengaliran pada sistem sringin yang ada pada pemodelan

- terdapat 7 titik *junction* yang mengalami limpasan yakni pada titik J. Sringin 2, J. Sringin 5, J. Sringin 6, J. Sringin 7, J. Sringin 8, J. Sringin 242, dan J. Sringin 244.
- b. Debit luapan terjadi paling tinggi berada di J. Sringin 8 dengan nilai 18,318 m³/s dan waktu luapan 1,72 jam. Sementara itu pada titik J. Sringin 2, J. Sringin 5, J. Sringin 6, J. Sringin 7, J. Sringin 242, dan J. Sringin 244 masing masing memiliki nilai 12,33 m³/s, 9,574 m³/s, 9,188 m³/s, 17,488 m³/s, 4,431 m³/s, dan 3,218 m³/s untuk debit luapan.
 - c. Untuk mengurangi limpasan yang terjadi digunakan metode LID yakni *Rain Barrel*, *Bioretention Cell*, *Infiltration Trench*.
 - d. Setelah adanya LID *Control* nilai *peak runoff* mengalami penurunan pada *subcatchment*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada *NETHERLANDS ENTERPRISE AGENCY DAN UNIVERSITAS DIPONEGORO* yang telah memberikan support untuk penelitian. Serta para pembimbing dan pihak – pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, Suharsimi. 2007. Manajemen Penelitian. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta.

Arsyad, U. 2010. Analisis Erosi pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng di Daerah Aliran Sungai Jeneberang Hulu. Disertasi. Tidak diterbitkan. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.

Baco, L., Sinukaban, N., Purwanto, Y.J., Sanim, B., dan Tarigan, D.T., 2011. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Kondisi Hidrologi DAS Konaweha Hulu Provinsi Sulawesi Tenggara, Jurnal Agroteknos Vol. 1 No. 3.p. 163-172 ISSN: 2087- 7706.

Badan Pusat Statistik Kota Semarang,2021. Kota Semarang Dalam Angka 2021. Semarang.

Chaussard, Estelle., Falk Amelung., Hasanudin Abidin., Sang-Hoon Hong. 2012. Sinking cities in Indonesia: ALOS PALSAR detects rapid subsidence due to groundwater and gas extraction. Remote Sensing of Enviroment. Volume 128, Pages 150-161.

Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumber Daya Air – Bappenas, 2012. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan di Ekosistem DAS Dalam Menunjang Ketahanan Air dan Ketahanan Pangan. Studi Kasus DAS Brantas. Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumber Daya Air – Bappenas. Jakarta.

Firdaus, Sujatmoko, B., dan Sutikno, S.,2015. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Banjir Di Sub DAS Kampar Kiri, Jurnal Fakultas Teknik Volume 2 No. 1, p.1-12.

Halim, F., 2014. Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Malalayang, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.4 No.1, p. 45-54. ISSN: 2087-9334.

Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Andi

Kodoatie, R. J. dan Sugiyanto., 2002. Banjir Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam

- Perspektif Lingkungan.
Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Maryono, A & Santoso, Adi N., 2006. Metode Memanen dan Memanfaatkan Air Hujan untuk Penyediaan Air Bersih, Mencegah Banjir dan Kekeringan. Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Nadjadji A., dan Andiek M., 2009. Pemodelan Hujan Debit Daerah Aliran Sungai Deluwang Dengan Pembagian Sub Catchment Area Berdasarkan Orde Sungai. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah, p A-279 – A284,, ISBN 978-979- 18342-1-6.
- Rossman, L.A.,2009. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268, Cincinnati, USA.
- Samsuhadi. 2009. Pemanfaatan Air Tanah Jakarta. Jakarta. JAI Vol 5. No. 1 2009.
- Sebastian, Legal., Pendekatan Pencegahan dan Penanggulangan Banjir, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Vol. 8, Nomor 2 Juli 2008:162-169, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Soewarno,2013. Hidrometri dan Aplikasi Teknosabo Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air, Seri Hidrologi, Cetakan pertama, Penerbit Graha Ilmu, ISBN 978-602-262-124-9.
- Sudarto., 2009. Analisis Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Peningkatan Jumlah Air Permukaan (Studi Kasus pada DAS Kali Gatak di Surakarta, Jawa Tengah)., Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana
- Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta. p.122.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Widyaningsih, I.W., 2008. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Di Sub DAS Keduang Ditinjau Dari Aspek Hidrologi, TESIS, Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Surakarta. p.139.
- Yunarni, Wiwik. 2008. Model Penatagunaan Lahan Berdasar Erosi, Sedimen, dan Limpasan pada SubDAS Glagahwero, DAS Bedadung di Kabupaten Jember. Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.



© 2023 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)