



**STUDI PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA SWMM 5.1  
PADA PERUMAHAN GKR ( Gresik Kota Raya )**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Strata (S1) Teknik Sipil



Disusun Oleh :  
Abdullah Musthofainal Akhyar  
★ 217.010.51.003 ★★

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2023**



**UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
(UNISMA)  
FAKULTAS TEKNIK  
TERAKREDITASI**

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jl. Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

**LEMBAR ORISINALITAS SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdullah Musthofainal Akhyar

NPM : 21701051003

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan bahwa Skripsi/Tugas akhir yang berjudul :

**“ Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR ( Gresik Kota Raya ) “**

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri menurut keyakinan saya skripsi atau tugas akhir ini tidak mengandung bagian skripsi atau karya tulis yang pernah diterbitkan atau ditulis orang lain (jiplakan), kecuali kutipan referensi yang dimuat dalam naskah skripsi atau tugas akhir ini.

Apabila kemudian hari pernyataan saya tidak benar maka saya sanggup menerima sanksi akademik apapun dari Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Malang, 01 Februari 2023

Yang menyatakan,



**Abdullah Musthofainal Akhyar**





**UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
(UNISMA)  
FAKULTAS TEKNIK  
TERAKREDITASI**

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jaryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

**Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program Epa SWMM**

**5.1 Pada Perumahan GKR (Gresik Kota Raya)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Strata (S1) Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

**Abdullah Musthofainal Akhyar  
NPM. 21701051003**

**Diajukan dan disahkan Oleh :**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Bambang Suprpto, M.T.  
NPP.195604121988111005**

**Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.  
NPP.2090200003**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik**

**Ketua Prodi Teknik Sipil**



**Ir. H. Warsito, M.T.  
NPP.190.02.00014**

**Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.  
NPP.209.02.00003**





**UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
(UNISMA)  
FAKULTAS TEKNIK  
TE R A K R E D I T A S I**

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jl. Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

Nama : Abdullah Musthofainal Akhyar  
NPM : 21701051003  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Judul : **Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program  
Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR ( Gresik Kota Raya )**

Telah diperiksa dan disahkan pada tanggal : 01 Februari 2023

No	Dosen Pembimbing	Tanda Tangan
1.	Ir. Bambang Suprpto, M.T.	
2.	Dr. Azizah Rokhmawati, S.T., M.T.	
No.	Dosen Penguji	Tanda Tangan
1.	Anang Bakhtiar, S.T., M.T.	
2.	Anita Rahmawati, S.T., M.T.	

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

**Ir. H. Warsito, M.T.**  
NPP.1900200014

Ketua Prodi Teknik Sipil

**Dr. Azizah Rokhmawati, S.T., M.T.**  
NPP.2090200003





**UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
(UNISMA)  
FAKULTAS TEKNIK  
TERAKREDITASI**

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jaryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

**BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : Abdullah Musthofainal Akhyar  
 NPM : 21701051003  
 Program Studi : Teknik Sipil  
 Fakultas : Teknik  
 Judul : **Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR (Gresik Kota Raya)**

Pembimbing I : Ir. Bambang Suprpto, M.T.

**KONSULTASI BIMBINGAN**

No.	Tanggal	Keterangan	TTD
1.	02-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikasi dilingkungan foto/data</li> <li>• Rumusan masalah</li> <li>• Tujuan &amp; manfaat</li> <li>• Data existing (Qs) saluran</li> </ul>	
2.	04-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peta diperbaiki</li> <li>• Daftar pustaka, Zotero</li> <li>• Buat PPT-Sempro</li> </ul>	
3.	11-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acc Sempro</li> </ul>	
4.	10-11-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cek analisis hidrolika</li> <li>• Uji konsistensi hujan dibuat</li> <li>• Lanjutkan</li> </ul>	
5.	17-11-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bawa laptop dan cek nilai C</li> <li>• Perbaiki salah ketik</li> </ul>	





# UNIVERSITAS ISLAM MALANG (UNISMA) FAKULTAS TEKNIK TERAKREDITASI

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jember 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

No.	Tanggal	Keterangan	TTD
6.	19-11-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gambar detail saluran hasil perencanaan</li> <li>Buat PPT-Semhas</li> </ul>	
7.	24-11-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cek Abstrak – Spasi</li> <li>Kata Pengantar</li> <li>PPT – 5 lembar</li> <li>ACC Uji Semhas</li> </ul>	
8.	17-01-2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>ACC Uji TA</li> </ul>	

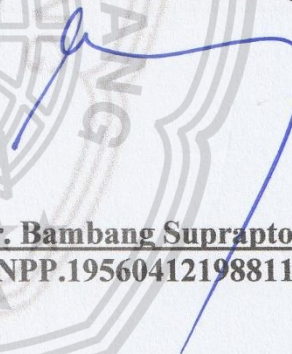
Malang, 01 Februari 2023

Dekan Fakultas Teknik

Dosen Pembimbing I



**Ir. H. Warsito, M.T.**  
NPP.1900200014



**Ir. Bambang Suprpto, M.T.**  
NPP.195604121988111005





# UNIVERSITAS ISLAM MALANG (UNISMA) FAKULTAS TEKNIK TE R A K R E D I T A S I

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

nd Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id



## UNIVERSITAS ISLAM MALANG (UNISMA) FAKULTAS TEKNIK TE R A K R E D I T A S I

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

nd Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

### BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

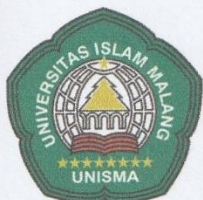
Nama : Abdullah Musthofainal Akhyar  
 NPM : 21701051003  
 Program Studi : Teknik Sipil  
 Fakultas : Teknik  
 Judul : **Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program  
 Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR (Gresik Kota Raya)**

Pembimbing II: Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.

### KONSULTASI BIMBINGAN

No.	Tanggal	Keterangan	TTD
1.	06-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latar belakang – sitasi</li> <li>• Identifikasi Masalah</li> <li>• Latar belakang               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Lokasi</li> <li>➢ Permasalahan</li> <li>➢ Metode</li> <li>➢ Software</li> <li>➢ penelitian</li> </ul> </li> <li>• BAB II – format</li> <li>• Rumusan teori, tabel ,dll</li> <li>• Screenshot SWMM 5.1</li> </ul>	A
2.	07-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BAB III               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Deskripsi lokasi studi</li> <li>➢ Peta geometri</li> <li>➢ Peta lokasi</li> </ul> </li> <li>• Mapping denah – layout</li> </ul>	B





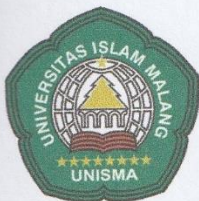
**UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
(UNISMA)  
FAKULTAS TEKNIK  
TE R A K R E D I T A S I**

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

No.	Tanggal	Keterangan	TTD
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Layout Pendukung</li> <li>• Tahapan Perencanaan – bagan alir</li> <li>• Bagan alir algoritma</li> <li>•</li> </ul>	
3.	20-06-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Pendukung</li> <li>• Peta rencanan drainase</li> <li>• Peta layout</li> <li>• Persiapan Sempro</li> </ul>	
4.	05-07-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACC Sempro</li> </ul>	
5.	15-11-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa poligon thiessen – excel</li> <li>• Semua running aplikasi dikasih hasil excel – perhitungan – tabel</li> <li>• Urutan alur ( Q ) Q=0,278.C.I.A</li> <li>• Jenis analisis berurutan sesuai rumus</li> <li>• Gambar sesuai dengan perencanaan type, jalan dan blok</li> <li>• lanjutkan</li> </ul>	
6.	12-12-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Running app</li> <li>• Profil aliran – penjelasan</li> <li>• Simulasi swmm drainase – blok - aliran - area</li> </ul>	





# UNIVERSITAS ISLAM MALANG (UNISMA) FAKULTAS TEKNIK TERAKREDITASI

Program Studi: 1. Teknik Sipil 2. Teknik Mesin 3. Teknik Elektro

Jl. Kyono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 581734, 551932 ext 124 Faks. 0341 552249 E-mail: fak-teknik@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

No.	Tanggal	Keterangan	TTD
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Data lengkap</li> <li>Ringkasan / Summary</li> </ul>	
7.	14-12-2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Persiapan Semhas</li> </ul>	
8.	18-01-2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kesimpulan + Saran</li> <li>Running</li> <li>Buat Jurnal</li> <li>Daftar Sidang</li> </ul>	

Malang, 01 Februari 2023

Dekan Fakultas Teknik



Dr. H. Warsito, M.T.  
NPP.190.02.00014

Dosen Pembimbing II



Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.  
NPP.209.02.00003





## MOTTO

*“Allah mengabulkan Doa kita ketika sudah siap, Bukan Ketika kita menginginkannya“*





## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucap puji syukur alhamdulillah wasyukurillah, saya persembahkan skripsi ini untuk kedua orang tua saya, Bapak Nur Hasan S.Pd.I dan Ibu Khoiriyah yang tidak pernah berhenti selalu mendoakan serta mensupport saya untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih yang sebesar besarnya atas segala pengorbanan bapak dan ibu yang selalu mendukung selama ini.





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, serta Kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **Studi Perencanaan Drainase Dengan Menggunakan Program Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR ( Gresik Kota Raya )** dengan baik dan tersusun.

Skripsi ini dapat tersusun dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan Sebagian waktu, tenaga, dan pikiran demi membantu penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini tidak lupa penulis sampaikan rasa terimakasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini, mulai dari awal penelitian sampai penyusunan skripsi selesai dan juga terimakasih atas segala do'a, semangat, bimbingan serta bantuan materi dan non materi terutama kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof. H. Masykuri, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Malang.
2. Bapak Ir. H. Warsito, M.T., selaku Dekan Fakultas Universitas Islam Malang.
3. Ibu Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Malang sekaligus dosen pembimbing kedua yang telah memberikan seluruh saran dan masukannya selama proses penyusunan skripsi ini..
4. Bapak Ir. Bambang Suprpto, M.T. selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan seluruh saran dan masukannya selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Malang yang telah memberikan ilmu dari awal studi hingga akhir studi.
6. Kepada Orang tua dan kakak, adik serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat dan do'a yang tiada henti selama menyelesaikan skripsi ini.



7. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan motivasi, informasi, dan masukan kepada penulis.
8. Untuk saya sendiri, terima kasih banyak telah berjuang sampai sejauh ini walaupun banyak halangan dan rintangan tetapi tetap tegar dan percaya diri bisa menyelesaikan sampai tahap akhir.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis sebagai bahan perbaikan untuk kedepannya.

Malang, 01 Februari 2023

Penulis

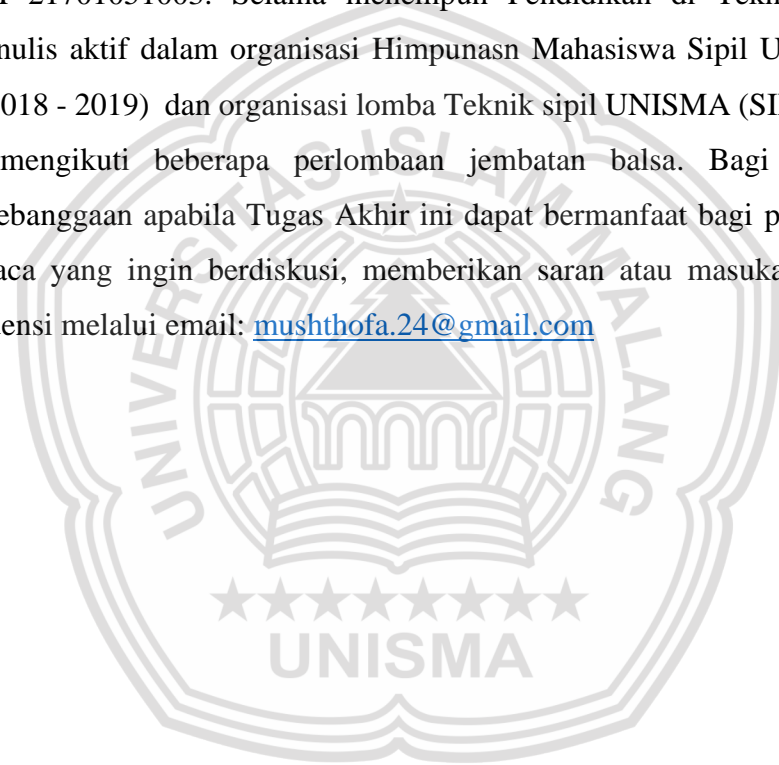




## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Abdullah Musthofainal Akhyar** lahir di kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur pada tanggal 24 April 1997. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di MI Al-Muniroh IV (Gresik), Mts Al-Muniroh (Gresik), MA Al-Muniroh (Gresik). Setelah lulus penulis bekerja di bidang konstruksi baja selama  $\pm$  1 tahun, Pada tahun 2017 penulis melanjutkan ke jenjang perkuliahan Sastra 1 Teknik Sipil di Universitas Islam Malang, terdaftar dengan NPM 21701051003. Selama menempuh Pendidikan di Teknik Sipil UNISMA penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil UNISMA pada tahun (2018 - 2019) dan organisasi lomba Teknik sipil UNISMA (SIMAYA) yang telah mengikuti beberapa perlombaan jembatan balsa. Bagi penulis merupakan kebanggaan apabila Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Untuk pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran atau masukan dapat berkorespondensi melalui email: [mushthofa.24@gmail.com](mailto:mushthofa.24@gmail.com)





## RINGKASAN

**Abdullah Musthofainal Akhyar**, 217.0105.1.003 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, Studi Perencanaan Saluran Drainase Dengan Menggunakan Program Epa SWMM 5.1 Pada Perumahan GKR (Gresik kota Raya), Dosen Pembimbing : (I) **Ir. Bambang Suprpto, M.T.** dan (II) **Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.**

---

---

Kawasan Perumahan Gresik Kota Raya adalah Kawasan yang semulanya berupa sawah dan tanah kosong, perubahan tataguna lahan tersebut dapat mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air, sehingga bisa menjadi penyebab adanya genangan pada daerah tersebut. Perencanaan saluran drainase diperlukan sebagai bangunan pendukung untuk mengatasi kekurangan daerah resapan air.

Perencanaan saluran drainase menggunakan metode poligon thiessen dengan tiga stasiun hujan yaitu stasiun hujan Ujungpangkah, Sidayu dan Tambakombo. Curah hujan diperoleh dalam perhitungan kala ulang hujan 5 tahun menggunakan metode *Log Pearson III* yaitu 82,67 mm, dengan curah hujan tersebut direncanakan saluran drainase menggunakan saluran berbentuk lingkaran untuk saluran tersier dengan diameter 0,3 m dengan debit maksimal 0,0598 m<sup>3</sup>/dtk dan saluran sekunder dengan diameter 0,4 m debit maksimal 0,1702 m<sup>3</sup>/dtk, sedangkan saluran primer direncanakan dengan bentuk trapesium dengan dimensi 0,6 x 0,8 m dengan debit maksimal 0,6957 m<sup>3</sup>/dtk.

Hasil analisis menunjukkan debit terbesar saluran tersier terjadi pada saluran M.1 yaitu sebesar 0,0287 m<sup>3</sup>/dtk dan saluran sekunder pada titik Sk.2 dengan debit sebesar 0,1651 m<sup>3</sup>/dtk, debit rencana saluran primer 0,2519 m<sup>3</sup>/dtk, debit tersebut lebih kecil dari pada debit maksimal rencana. Hasil menjalankan simulasi pada program SWMM didapatkan hujan terbesar terjadi pada jam ke 1 dan tidak terjadi limpasan pada luar saluran.

**Kata kunci** : Drainase Perumahan, Limpasan, Simulasi SWMM 5.1



## SUMMARY

**Abdullah Musthofainal Akhyar**, 217.0105.1.003 Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang, Study of Drainage Planning Using the EPA SWMM 5.1 Program at GKR (Gresik kota Raya) Housing, Advisor : (I) **Ir. Bambang Suprpto, M.T.** and (II) **Dr. Azizah Rokhmawati, S.T.,M.T.**

---

---

*The Gresik Kota Raya Residential Area is an area that was originally in the form of rice fields and vacant land, changes in land use can result in a reduction in water catchment areas, so that it can be the cause of inundation in the area. Drainage channel planning is needed as a supporting structure to overcome the shortage of water catchment areas.*

*Drainage channel planning uses the Thiessen polygon method with three rain stations, namely Ujungpangkah, Sidayu and Tambakombo rain stations. The rainfall obtained in the calculation of the 5-year return period of rain using the Log Pearson III method is 82.67 mm, with this rainfall the drainage channel is planned to use a circular channel for a tertiary channel with a diameter of 0.3 m with a maximum discharge of 0.0598 m<sup>3</sup>/s and a secondary canal with a diameter of 0.4 m with a maximum discharge of 0.1703 m<sup>3</sup>/sec, while the primary canal is planned in a trapezoidal shape with dimensions of 0.6 x 0.8 m with a maximum discharge of 0.6957 m<sup>3</sup>/sec.*

*The results of the analysis show that the largest discharge of the tertiary channel occurs in channel M.1 which is 0.0287 m<sup>3</sup>/s and the secondary channel is at point Sk.2 with a discharge of 0.1651 m<sup>3</sup>/s, the planned discharge of the primary channel is 0.2519 m<sup>3</sup>/s, the discharge is smaller than the maximum discharge plan. The results of running the simulation on the SWMM program showed that the greatest rainfall occurred at hour 1 and there was no runoff outside the channel.*

**Keywords :** Residential Drainage, Runoff, SWMM Simulation 5.1

UNISMA

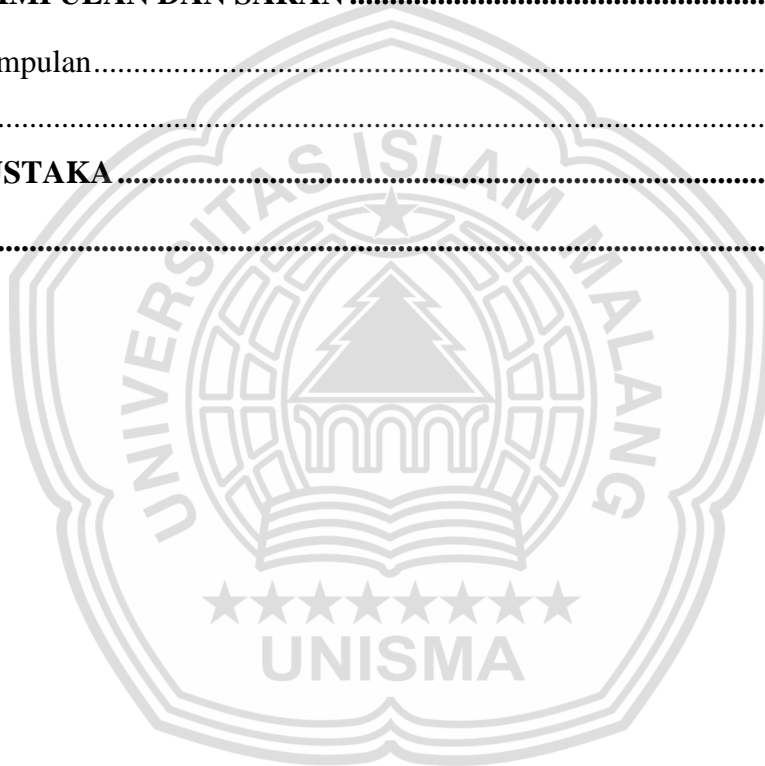
**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR ORISINALITAS SKRIPSI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>MOTTO</b> .....	<b>x</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>xiv</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xx</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.6 Lingkup Pembahasan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Umum.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu.....	7
2.3 Definisi .....	9
2.4 Analisis Hidrologi .....	10



2.5	Analisis Frekuensi .....	15
2.5.1	Uji Kesesuaian Frekuensi.....	23
2.5.2	Kala Ulang Hujan.....	26
2.5.3	Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan ( <i>Run Off</i> ).....	28
2.5.4	Intensitas curah hujan.....	29
2.5.5	Perhitungan Debit Rencana.....	31
2.5.6	Perhitungan Debit Air Kotor.....	31
2.6	Perencanaan Saluran.....	33
2.6.1	Dimensi saluran.....	33
2.6.2	Kecepatan Aliran.....	35
2.6.3	Kapasitas Saluran Drainase.....	36
2.7	Pemodelan Drainase dengan EPA SWMM 5.1.....	37
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>41</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	41
3.2	Alur Penelitian.....	42
3.2.1	Tinjauan Pustaka .....	42
3.2.2	Survei Pendahuluan.....	42
3.2.3	Pengolahan Data.....	42
3.2.4	Analisis Data .....	43
3.2.5	Pemodelan data menggunakan software EPA SWMM 5.1.....	44
3.2.6	Gambar Desain.....	45
3.2.7	Kesimpulan & Saran .....	45
3.3	Diagram Alir.....	46
3.3.1	Diagram Alir Penelitian .....	46
3.3.2	Diagram Alir Program Epa SWMM 5.1 .....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>49</b>
4.1	Analisis Hidrologi .....	49
4.1.1	Analisis Curah Hujan .....	49
4.1.2	Uji Konsistensi Data.....	52
4.1.3	Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah .....	60
4.1.4	Analisis Frekuensi .....	61
4.1.5	Uji Distribusi Frekuensi .....	67
4.2	Perhitungan Debit Rencana ( $Q_r$ ) .....	70

4.2.1	Perhitungan Debit Limpasan Air hujan ( $Q_{ah}$ ) .....	71
4.2.2	Perhitungan Debit Air Buangan ( $Q_{ab}$ ) .....	82
4.2.3	Perhitungan Debit Rancangan Tiap Saluran ( $Q_r$ ) .....	85
4.3	Perencanaan Saluran Drainase .....	87
4.4	Perhitungan Debit Maksimal Saluran ( $Q_s$ ) .....	92
4.4.1	Menghitung Debit Saluran Tersier ( Diameter 0,3 ) .....	92
4.4.2	Menghitung Debit Saluran Sekunder ( Diameter 0,4 ) .....	94
4.4.3	Menghitung Debit Saluran Primer (Trapesium) .....	96
4.5	Pemodelan EPA SWMM 5.1 .....	98
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>113</b>
5.1	Kesimpulan .....	113
5.2	Saran .....	114
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>115</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>117</b>





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	9
Tabel 2.2 Pemilihan Metode Hujan Rata-rata Daerah .....	11
Tabel 2.3 Distribusi Gauss .....	17
Tabel 2.4 Nilai $Y_n$ dan $S_n$ .....	19
Tabel 2.5 Nilai $Y_{tr}$ Sebagai fungsi periode ulang .....	19
Tabel 2.6 Faktor Sifat Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> Untuk Cs Positif.....	21
Tabel 2.7 Faktor Sifat Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> Untuk Cs Negatif .....	22
Tabel 2.8 Nilai Kritis $\Delta_0$ untuk Uji Smirnov-Kolmogorov .....	24
Tabel 2.9 Nilai Kritis Untuk Distribusi <i>Chi-Square</i> .....	26
Tabel 2.10 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota.....	27
Tabel 2.11 Nilai Koefisien type tataguna lahan ( C ).....	29
Tabel 2.12 Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan .....	31
Tabel 2.13 Kebutuhan air bersih rumah tangga per orang per hari menurut kategori kota.....	32
Tabel 2.14 Koefisien kekasaran manning .....	35
Tabel 4.1 Luas STA Kabupaten Gresik .....	50
Tabel 4.2 Luas Das tiap stasiun.....	51
Tabel 4.3 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Tambakombo, Sidayu, Ujungpangkah .....	52
Tabel 4.4 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 1 Ujungpangkah .....	53
Tabel 4.5 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 1 Ujungpangkah (setelah dikali faktor koreksi ) .....	54
Tabel 4.6 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 2 Sidayu.....	55
Tabel 4.7 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 2 Sidayu ( Setelah dikali faktor koreksi).....	57

Tabel 4.8 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 3 Tambakombo.....	58
Tabel 4.9 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 3 Tambakombo (setelah dikali faktor koreksi).....	59
Tabel 4.10 Perhitungan Rata-rata Poligon Thiessen .....	61
Tabel 4.11 Curah Hujan Rata-rata Poligon Thiessen diurutkan dari kecil ke besar .....	62
Tabel 4.12 Persyaratan Pemilihan Distribusi .....	62
Tabel 4.13 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Gumbel dan Normal .....	63
Tabel 4.14 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Nilai Cs dan Ck .....	64
Tabel 4.15 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Log Pearson Type III.....	66
Tabel 4.16 Interpolasi Mencari Nilai G .....	66
Tabel 4.17 Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III.....	67
Tabel 4.18 Uji Simpangan Horizontal ( Smirnov- kolmogrof).....	68
Tabel 4.19 Uji Simpangan Vertikal ( Chi-Kuadrat ) parameter persentase .....	69
Tabel 4.20 Uji Simpangan Vertikal ( Chi-Kuadrat).....	70
Tabel 4.21 Luas Daerah Pengaliran (A) Di Perumahan Gresik Kota Raya.....	71
Tabel 4.22 Koefisien Limpasan ( C ).....	75
Tabel 4.23 Perhitungan Intensitas Curah Hujan .....	80
Tabel 4.24 Perhitungan debit limpasan air hujan.....	82
Tabel 4.25 Perhitungan debit air buangan ( $Q_{ab}$ ) .....	85
Tabel 4.26 Perhitungan debit rancangan ( $Q_r$ ) Pada tiap saluran .....	87
Tabel 4.27 Perhitungan Diameter Rencana Pada tiap saluran .....	90
Tabel 4.28 Perbandingan debit rencana dengan debit maksimal saluran.....	98
Tabel 4.29 Nilai Properti <i>Subcatchments</i> .....	102
Tabel 4.30 Nilai Properti <i>Junctions nodes</i> .....	103
Tabel 4.31 Nilai Properti <i>Junctions nodes</i> .....	104





Tabel 4.32 Distribusi Hujan jam-jam an .....	105
Tabel 4.33 Volume limpasan .....	109
Tabel 4.34 <i>Link Flow</i> .....	110

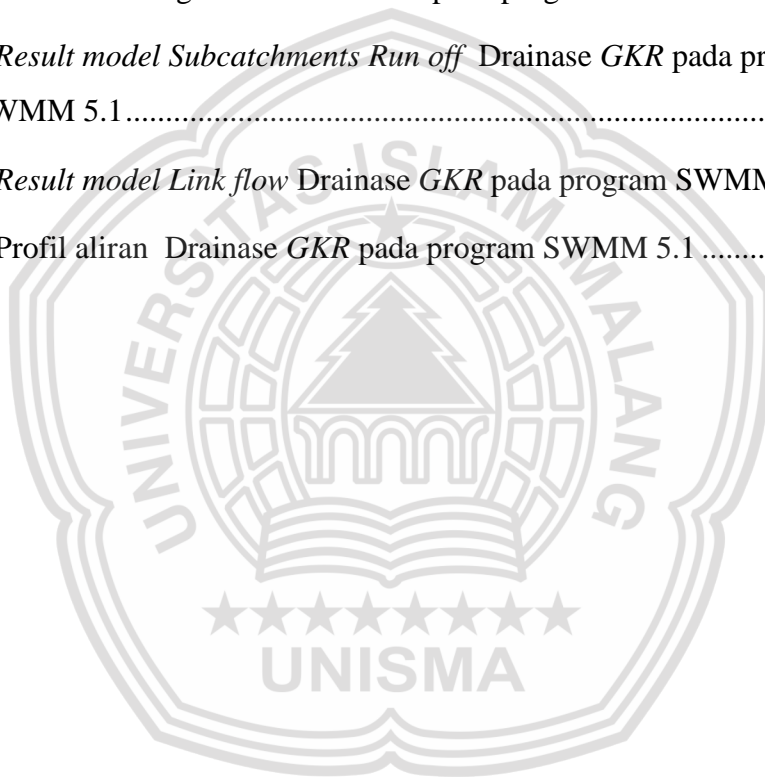


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Poligon Thiessen .....	13
Gambar 2.2 Metode Garis Isohyet .....	14
Gambar 2.3 Dimensi Lingkaran .....	34
Gambar 2.4 Rain Gage Epa SWMM 5.1.....	37
Gambar 2.5 Runoff SWMM 5.1 .....	40
Gambar 3.1 Lokasi Perumahan Gresik Kota Raya .....	41
Gambar 3.2 Lokasi Perumahan Gresik Kota Raya .....	42
Gambar 4.1 Titik Stasiun Hujan Gresik .....	50
Gambar 4.2 Poligon Thiessen lokasi Studi .....	51
Gambar 4.3 Grafik Uji konsistensi Stasiun 1 .....	53
Gambar 4.4 Grafik Uji konsistensi Stasiun 1 (setelah dikali faktor koreksi).....	54
Gambar 4.5 Grafik Uji konsistensi Stasiun 2 .....	56
Gambar 4.6 Grafik Uji konsistensi Stasiun 2 (setelah dikali faktor koreksi).....	57
Gambar 4.7 Grafik Uji konsistensi Stasiun 3 .....	58
Gambar 4.8 Grafik Uji konsistensi Stasiun 3 (setelah dikali faktor koreksi).....	60
Gambar 4.9 Perencanaan Diameter Saluran Drainase Tersier dan sekunder.....	88
Gambar 4.10 Perencanaan Diameter Saluran Drainase Primer .....	91
Gambar 4.11 Diameter Saluran Drainase Lingkaran .....	92
Gambar 4.12 Diameter Saluran Drainase Trapesium .....	96
Gambar 4.13 Setting Project Default program SWMM 5.1.....	99
Gambar 4.14 Proses load Backdrop pada program SWMM 5.1 .....	99
Gambar 4.15 Proses Gambar Subcatchments, Junctions nodes, Conduits Links, Outfalls Nodes pada program SWMM 5.1.....	100
Gambar 4.16 Proses Penampilan Id pada program SWMM 5.1 .....	100
Gambar 4.17 Proses Input data <i>Subcatchments</i> pada program SWMM 5.1 .....	101



Gambar 4.18 Proses Input data <i>Junctions nodes</i> pada program SWMM 5.1 .....	103
Gambar 4.19 Proses Input data <i>Conduits Links</i> pada program SWMM 5.1 .....	104
Gambar 4.20 Proses Input data <i>Time Series</i> pada program SWMM 5.1 .....	105
Gambar 4.21 Proses Connect data <i>Time series</i> ke <i>Raingage</i> pada program SWMM 5.1 .....	106
Gambar 4.22 Proses <i>Run Simulation</i> pada program SWMM 5.1 .....	106
Gambar 4.23 <i>Run Simulation Succes</i> pada program SWMM 5.1 .....	107
Gambar 4.24 Simulasi Jaringan Drainase <i>GKR</i> pada program SWMM 5.1 .....	108
Gambar 4.25 <i>Result model Subcatchments Run off</i> Drainase <i>GKR</i> pada program SWMM 5.1 .....	109
Gambar 4.26 <i>Result model Link flow</i> Drainase <i>GKR</i> pada program SWMM 5.1	110
Gambar 4.27 Profil aliran Drainase <i>GKR</i> pada program SWMM 5.1 .....	112



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gresik merupakan salah satu kabupaten yang berada di Jawa Timur. Gresik mengalami perkembangan pesat terutama di sektor industri dan pembangunan, yang ditunjukkan dengan pertumbuhan penduduk yang semakin tahun kian meningkat dan ditandai juga oleh perubahan tataguna lahan yang semakin cepat. Hal ini terjadi karena Gresik mengalami pertumbuhan ekonomi dan industri yang memicu masyarakat untuk memilih ke wilayah tersebut. Oleh karena itu banyak pembangunan perumahan pada wilayah Gresik untuk memenuhi pertumbuhan penduduk. Banyak terjadi perubahan tataguna lahan yang semula persawahan atau lahan kosong sebagai resapan air hujan berubah fungsi menjadi tempat hunian. Dengan penambahan penduduk mengakibatkan berkembangnya perumahan dan sarana penunjang kehidupan, sehingga lahan terbuka (*pervious area*) akan semakin berkurang dan lahan lahan tertutup/kedap air (*impervious area*) akan semakin meningkat. (Rachmawati, 2010). Jika air hujan dibiarkan menggenang dilingkungan atau suatu daerah pemukiman tanpa adanya sarana untuk mengalirkan dan meresapkan kembali ke dalam tanah, maka akan sangat mempengaruhi terhadap kesehatan lingkungan. (Safitri et al., 2021) Hal tersebut akan membuat masalah baru jika terus terjadi maka akan mengakibatkan genangan atau banjir dalam kawasan tersebut.

Perkembangan kota yang semakin pesat ini membuat pengelolaan sarana dan prasarana sistem drainase yang telah dilakukan seolah-olah “jauh tertinggal” dibandingkan dengan pembangunan perumahan, perdagangan, jasa dan industri.



Dalam pelaksanaan pembangunan sudah pasti akan berdampak bagi lingkungan sekitarnya akibat adanya perubahan tata guna lahan. (Hermawan et al., 2018)

Pemukiman yang padat penduduk harus mempunyai bangunan pendukung untuk menciptakan lingkungan yang sehat salah satunya adalah saluran drainase. Apabila pemukiman yang padat tidak dilengkapi drainase maka dapat mengakibatkan dampak yang tidak baik seperti banjir yang dapat membawa kerugian seperti penyakit, kerugian material dan mengganggu kenyamanan masyarakat itu sendiri. (Akbar et al., 2019)

Banjir merupakan aliran air permukaan yang tidak bisa ditampung oleh saluran drainase atau sungai yang ada di lokasi tersebut, sehingga melimpah ke kanan dan ke kiri yang akan menimbulkan genangan dan merugikan manusia itu sendiri. Salah satu penyebabnya bisa jadi karena ada penyumbatan pada saluran drainase yang sudah ada atau juga karena perubahan tata guna lahan yang awalnya lahan kosong/ persawahan yang dialih fungsikan sebagai bangunan.

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. (Herison et al., 2018). Keterpaduan pada komponen mencakup antara lain kualitas air, air hujan dengan air permukaan dan air di bawah tanah, penggunaan lahan (*land use*) dengan penyandangan air (*water use*). (Budiman et al., 2021)

Pembangunan perumahan Gresik kota Raya yang terletak di kecamatan Bungah Gresik memiliki luas lahan sebesar 98556 m<sup>2</sup>, yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu Klaster Pesona Raya sebesar 43151 m<sup>2</sup>, Area barat sebesar 25076 m<sup>2</sup>,

dan Area timur memiliki luas sebesar 30339 m<sup>2</sup>, Area Barat dan Area timur yang masih dalam tahap perencanaan pengembangan. Objek yang dijadikan penelitian yaitu pada Klaster Pesona Raya sebab lokasi ini belum dilengkapi dengan saluran drainase. Teknis perencanaan saluran drainase ini menggunakan software EPA SWMM 5.1 yang mampu membuat model simulasi limpasan curah hujan limpasan permukaan yang digunakan untuk simulasi kuantitas dan kualitas hidrologi permukaan / bawah permukaan tunggal dan jangka panjang dari kualitas terutama di daerah perkotaan / pinggiran kota.

Dalam penelitian perencanaan drainase ini menggunakan software EPA SWMM 5.1 yang akan diterapkan pada perumahan Gresik Kota Raya Klaster Pesona Raya. Sehingga dapat mengetahui debit rencana dan ukuran saluran drainase di Area perumahan tersebut.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil survei dilapangan diperoleh beberapa masalah yaitu sebagai berikut :

1. Adanya perubahan tata guna lahan pada lokasi penelitian yang semula sawah / Lahan Kosong menjadi kawasan perumahan yang mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air.
2. Belum adanya saluran drainase pada perumahan Gresik Kota Raya.
3. Perencanaan menggunakan Program Epa SWMM 5.1 Untuk memodelkan saluran drainase di perumahan Gresik Kota Raya.



### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan Identifikasi masalah diatas bisa dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar curah hujan rancangan pada perumahan Gresik Kota Raya ?
2. Berapa debit banjir rencana sistem drainase di area perumahan Gresik Kota Raya ?
3. Berapa dimensi penampang pada saluran drainase pada area perumahan Gresik Kota Raya ?
4. Bagaimana perencanaan arah sistem drainase pada perumahan Gresik Kota Raya?
5. Bagaimana hasil pemodelan saluran drainase perumahan Gresik Kota Raya menggunakan program EPA SWMM 5.1 ?

### 1.4 Batasan Masalah

1. Tidak menghitung sistem distribusi air bersih pada perumahan Gresik Kota Raya.
2. Tidak memperhitungkan RAB ( Rencana Anggaran Biaya ) pada perencanaan saluran drainase perumahan Gresik Kota Raya.

### 1.5 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan yang dimaksud dalam hasil tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui berapa besar curah hujan rancangan pada perumahan Gresik kota raya
2. Mengetahui jumlah debit air yang diterima pada drainase di Kawasan Perumahan Gresik Kota Raya.

3. Menentukan dimensi yang cukup untuk menampung debit air pada Perumahan Gresik Kota Raya.
4. Untuk menentukan arah pengaliran drainase pada perumahan Gresik kota raya.

Adapun manfaat yang diperoleh dari hasil tugas akhir ini yaitu Sebagai berikut:

1. Sebagai masukan pada pihak terkait dalam perencanaan saluran drainase di Perumahan Gresik kota Raya guna mendapatkan pembuangan air yang baik.
2. Hasil dari penelitian ini bisa digunakan mahasiswa untuk referensi dalam penyusunan tugas perencanaan drainase.

### 1.6 Lingkup Pembahasan

Adapun lingkup pembahasan tugas akhir ini pada Kawasan Perumahan Gresik Kota Raya adalah sebagai berikut:

1. Analisis Curah Hujan
2. Uji Konsistensi Data
3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan
4. Uji Distribusi Frekuensi
5. Perhitungan Debit Rancangan
  - a. Luas daerah pengaliran (A)
  - b. Koefisien limpasan permukaan (C)
  - c. Intensitas curah hujan rancangan (I)
  - d. Analisis debit air kotor (Qak)
  - e. Analisis debit rancangan (Qr)
  - f. Perhitungan debit rancangan tiap saluran
6. Perencanaan Saluran Drainase



7. Analisis Kapasitas Saluran
8. Pemodelan debit rencana pada saluran drainase menggunakan aplikasi *EPA SWMM 5.1*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Dalam perencanaan suatu sistem drainase, analisis hidrologi ditekankan untuk memperoleh besaran modulus pembuangan yang dihitung berdasarkan besarnya curah hujan. Untuk memperoleh besaran curah hujan maksimum dicoba dengan menganalisis curah hujan harian maksimum. Dari besaran curah hujan maksimum setelah itu dipilih curah hujan terbesar yang kemudian digunakan untuk input perhitungan curah hujan rancangan.

Tinjauan pustaka yang ada pada tugas akhir ini berisi tentang dasar dasar teori dan penelitian yang telah dilakukan terdahulu yang akan menjadi rujukan untuk merencanakan system drainase pada perumahan Gresik Kota Raya.

### 2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa studi penelitian terdahulu yang relevenan dengan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

(Kusuma & Sarwono, 2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo”, penelitian ini dilakukan untuk merencanakan sistem drainase yang ada pada perumahan Green Mansion Residen yang terletak didaerah Sidoarjo sehingga dapat meminimalisir debit yang keluar dari kawasan agar tidak berdampak buruk terhadap sistem drainase yang ada di sekitarnya. Hasil dari penelitian ini yaitu didapatkan dimensi saluran tersier dengan lebar 0,40 – 0,55 m, saluran sekunder 0,80 – 1,40 m, dan saluran primer 1,50m dengan debit 1,45 m<sup>3</sup>/det yang semuanya menuju ke kolam tampungan. Kondisi sungai sebelum adanya perumahan Green Mansion Residence pada



saat terjadi hujan tidak meluap atau muka air sama dengan tinggi tanggul. Debit yang masuk Afvoer Cantel dari DAS sebelum ada perumahan adalah  $0,28 \text{ m}^3/\text{det}$ . Dengan perencanaan sistem drainase kawasan perumahan Green Mansion Residence, limpasan air hujan ditampung kolam tampungan dan saluran - saluran di kawasan perumahan dan pengaliran yang telah direncanakan mengalir secara gravitasi, sehingga kawasan perumahan Green Mansion Residence tidak memberikan pengaruh terhadap kapasitas sungai Afvoer Cantel.

(Akbar et al., 2019) dengan judul “Perencanaan Drainase Pada Pembangunan perumahan Istana Kaliwates residence” penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi resiko genangan air pada area perumahan dan sekitarnya yaitu pemukiman penduduk dan jalan raya yang dapat mengganggu aktifitas. Hasil dari penelitian ini yaitu diperoleh debit terbesar yaitu  $0,67 \text{ m}^3/\text{det}$  dan  $0,52 \text{ m}^3/\text{det}$ , saluran drainase ini menggunakan bentuk persegi dengan dimensi H :  $0,3 - 0,5 \text{ m}$ , B :  $0,4 - 0,5 \text{ m}$  untuk saluran sekunder dan H :  $0,6 - 0,7 \text{ m}$ , B :  $0,4 - 0,5 \text{ m}$  untuk saluran primer dan gorong gorong dengan dimensi  $0,35 \text{ m}$ .

(Kuswicaksono & sutoyo, 2016) dengan judul “Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor dengan Menggunakan Program SWMM” Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan drainase dan memberikan informasi kepada pengembang di perumahan Puri Kintamani Bogor.

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
(Kusuma & Sarwono, 2016)	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo	Hasil dari penelitian ini didapatkan dimensi saluran tersier 0,40 – 0,55 m , saluran sekunder 0,80 – 1,40 m dan saluran primer 1,50 m dengan debit sebesar 1,45 m <sup>3</sup> /det
(Akbar et al., 2019)	Perencanaan Drainase Pada Pembangunan perumahan Istana Kaliwates residence	Hasil dari penelitian ini didapatkan dimensi gorong gorong 0,35 m , saluran primer H : 0,3 – 0,5 m, B : 0,4 – 0,5 m untuk saluran sekunder dan H : 0,6 – 0,7 m , B : 0,4 – 0,5 m dengan debit terbesar 0,52 m <sup>3</sup> /det
(Kuswicaksono & sutoyo, 2016)	Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor dengan Menggunakan Program SWMM	Hasil dari penelitian ini terjadi luapan pada sebagian titik sehingga dilakukan perubahan diameter saluran yang semula 0,30 m menjadi 0,40 m

Sumber: Pengolahan data, 2022

### 2.3 Definisi

Drainase berasal dari Bahasa Inggris drainage yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Drainase dalam pandangan rekayasa sipil diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal sesuai dengan kebutuhan. Dalam tata ruang, drainase berperan penting untuk

mengatur pasokan air demi pencegahan genangan atau banjir. Drainase juga bagian dari usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. (Hasmar, 2011)

#### 2.4 Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi adalah suatu ilmu yang digunakan untuk menghitung debit rencana dengan menggunakan curah hujan pada stasiun terdekat, pengambilan data curah hujan minimal yaitu 10 tahun terakhir.

Perhitungan analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah yang terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar dan hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. (Purwandani & Lasminto, 2018)

Ada tiga cara untuk menentukan curah hujan rata-rata suatu wilayah yaitu: Metode Aritmatika, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isohyet. Dari ketiga metode tersebut perlu dipilih salah satu metode yang sesuai untuk digunakan pada suatu daerah tangkapan air. Berikut adalah ketentuan ketentuan yang dapat dipertimbangkan dalam menentukan metode yang dapat dipakai seperti tabel 2.2.



**Tabel 2.2** Pemilihan Metode Hujan Rata-rata Daerah

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Metode Rata-rata Aritmatik, Metode Thiessen, Metode Isohyet
	Terbatas	Metode Rata-rata Aritmatik, Metode Thiessen
Luas Cathmen Area	>5000 Km <sup>2</sup> ( Besar )	Metode Isohyet
	501 – 5000 km <sup>2</sup> ( Sedang )	Thiessen Polygon
	< 500 km <sup>2</sup> ( Kecil )	Metode Rata-rata Aritmatik
Kondisi Topografi	Pegunungan	Metode Rata-rata Aritmatik,
	Dataran	Metode Thiessen
	Berbukit dan tidak Beraturan	Metode Isohyet

Sumber: Suripin, 2004

### 1. Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar)

Perhitungan untuk mencari Curah Hujan Rerata digunakan metode rata-rata aljabar Ketinggian normal curah hujan diperoleh dengan mengambil rata-rata aljabar dari perkiraan hujan di pos pemeriksaan hujan di dalam ruangan. (Rozaqi et al., 2021). Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

(Triatmodjo, 2010)

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut:

$$P = \frac{p_1+p_2+p_3+\dots+p_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P = Curah hujan rata – rata (mm/bulan)

P<sub>1</sub>,P<sub>2</sub>,P<sub>3</sub>...P<sub>n</sub> = Curah hujan ke-n (mm/bulan)

n = Banyak data

## 2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru. (Triatmodjo, 2010)

Perhitungan curah hujan dalam tugas akhir ini menggunakan metode Poligon thessen. Perhitungan hujan rata-rata Metode Poligon Thiessen dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Mengambil peta lokasi stasiun hujan di suatu DAS

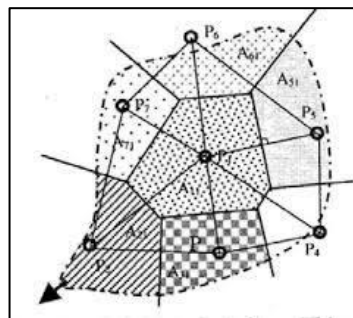
- b. Menghubungkan garis antar stasiun satu dan lainnya dengan garis terputus hingga membentuk segitiga- segitiga
- c. Membuat garis berat kedua garis, yaitu garis yang membagi dua sama persis dan tegak lurus garis
- d. Menghubungkan ketiga garis berat dari segi tiga sehingga membuat titik berat akan membentuk poligon mengelilingi tiap stasiun.
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada nomor 5 untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rata-rata pada suatu daerah aliran sungai.

$$\bar{p} = \frac{(A_1P_1)+(A_2P_2)+(A_3P_3)+\dots+(A_nP_n)}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- $\bar{p}$  = Tinggi hujan rata-rata wilayah (mm)
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = Tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun hujan

(Sumber : Suripin, 2004)



Gambar 2.1 Poligon Thiessen



### 3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya. (Triatmodjo, 2010)

Dengan cara ini, maka harus digambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Metode Garis Isohyet

Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang hitung nilai kontur, sebagai berikut :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}A_1 + \frac{d_1+d_2}{2}A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2}A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

A = luas areal total

d = tinggi hujan rata-rata are

$d_0, d_1, \dots, d_n$  = curah hujan pada isohyet

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet-isohyet yang bersangkutan

Pada umumnya untuk menentukan metode curah hujan daerah yang sesuai adalah dengan menggunakan standar luas daerah, sebagai berikut :  
(Sosrodarsono & Takeda, 2003)

1. Daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-50.000 ha yang memiliki dua atau tiga titik pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000-500.000 ha yang mempunyai titik-titik pengamatan tersebar cukup merata dan di mana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat digunakan cara rata-rata aljabar. Jika titik-titik pengamatan itu tidak tersebar merata maka digunakan cara poligon Thiessen.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha dapat digunakan cara isohyet atau metode potongan antara (*inter-section method*).

## 2.5 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah analisis statistik yaitu dengan melihat data hujan di masa lalu yang akan dihitung dengan analisis probabilitas untuk menentukan kemungkinan curah hujan dimasa depan sehingga desain drainase dapat direncanakan dengan baik yang diharapkan mampu menampung air hujan dimasa mendatang. metode yang digunakan adalah distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel dan distribusi *Log Pearson Type III*.

Menurut Suripin,2004 parameter statistic yang digunakan adalah :

Standar deviasi

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\log x_i - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Harga Rerata

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=0}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Koefisien kemiringan

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\log x_i - \log x)^2}{(n-1).(n-2).(S_i)^2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

N = Jumlah tahun

Si = Standart deviasi

G = Koefisien Kemiringan

**1. Metode Distribusi Normal**

Metode distribusi normal atau biasanya disebut bilangan kurva normal ataupun distriusi gauss ini dapat digunakan untuk menghitung perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T (X<sub>T</sub>). Dari pengertian tersebut didapat persamaan sebagai berikut. (Suripin, 2004)

$$X_T = X + k.S_x \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \pi)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

X<sub>T</sub> = Besarnya curah hujan yang terjadi pada kala ulang T tahun

X = Rata – rata hitungan variant

S<sub>x</sub> = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi ( nilai variable dreduksi gauss )



**Tabel 2.3** Distribusi Gauss

PUH	PELUANG	Kt
1.0014	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.01	0.99	-2.33
1.05	0.95	-1.64
1.11	0.9	-1.28
1.25	0.8	-0.84
1.33	0.75	-0.67
1.43	0.7	-0.52
1.67	0.6	-0.25
2	0.5	0
2.5	0.4	0.25
3.33	0.3	0.52
4	0.25	0.67
5	0.2	0.84
10	0.1	1.28
20	0.05	1.64
50	0.02	2.05
100	0.01	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

Sumber : Suripin (2004)

**2. Metode Log Normal**

Metode distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritma varian X. Metode distribusi *log pearson type III* akan menjadi distribusi *log pearson normal* jika nilai koefisien kemencengannya  $C_s = 0,00$ .

Persamaan dalam metode distribusi log normal yaitu sebagai berikut:

(Loebis, 1984)

$$R_t = X_r + K_t \times S_d \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

$R_t$  = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T

$X_r$  = Curah hujan rata-rata

$K_t$  = Standar variable untuk periode ulang tahun

$S_d$  = Standar deviasi

### 3. Metode Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Frekuensi Gumbel atau biasanya disebut Metode Distribusi Gumbel ini digunakan untuk analisis data maksimum misalnya untuk analisis frekuensi banjir dan genangan. Metode Distribusi Gumbel ini memiliki koefisien kemencengan (*coefisien of skwennes*) atau biasanya disebut  $C_s = 1,139$  dan koefisien kurtosis (*coefisien curtosis*) atau  $C_k < 4,002$ . Pada metode Distribusi Frekuensi Gumbel ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi double eksponensial. (Soewarno, 1995) .

Rumus rumus yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel adalah sebagai berikut : (Loebis, 1984)

$$X_i = X_{rt} + S + Kr \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$X_i$  = Curah Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

$X_{rt}$  = Nilai tengah sampel

$S$  = Standar deviasi sampel

$K$  = Faktor frekuensi gumbel

Faktor frekuensi gumbel (k) didapat dengan menggunakan rumus :

(Loebis, 1984)

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$Y_n$  = Harga rata-rata *reduced mean*

$S_n$  = *Reduced standar deviation*

$Y_{tr}$  = *Reduced variate*

**Tabel 2.4** Nilai  $Y_n$  dan  $S_n$

n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$
10	0,4592	0,9496	21	0,5252	1,0696
11	0,4996	0,9676	22	0,5268	1,0754
12	0,5053	0,9933	23	0,5283	1,0811
13	0,507	0,9971	24	0,5296	1,0864
14	0,51	1,0095	25	0,5309	1,0915
15	0,5128	1,0206	26	0,532	1,1961
16	0,5157	1,0316	27	0,5332	1,1004
17	0,5181	1,0411	28	0,5343	1,1004
18	0,5202	1,0493	29	0,5353	1,1086
19	0,522	1,0565	30	0,5362	1,1124
20	0,5236	1,0628			

Sumber : Suripin (2004)

**Tabel 2.5** Nilai  $Y_{tr}$  Sebagai fungsi periode ulang

Periode ulang (Tr) (Tahun)	Reduced variate (Ttr)	Periode Ulang (Tr) (Tahun)	Reduced variate (Ttr)
2	0,3668	100	46,012
5	15,004	200	52,969
10	22,51	250	55,206
20	29,709	500	62,149
25	31,993	1000	69,087
50	39,028	5000	85,188
75	43,117	10000	92,121

Sumber : Suripin (2004)

#### 4. Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Metode *Log Pearson III* ini dapat digunakan untuk menghitung curah hujan harian maksimum yang dipakai untuk mencari intensitas hujan. Dari pengertian tersebut didapat persamaan seperti berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times S \log X) \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

$X_T$  = Besarnya curah hujan rencana dalam kala ulang T tahun (mm)

S = Standar deviasi

X = Curah hujan rata-rata (mm)



$K_T$  = Variabel standar

$\text{Log } X_T$  = Nilai hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log } \bar{X}_T$  = Nilai rata-rata dari  $\log X = \frac{\sum \log X_i}{n}$

$S \text{ Log } X$  = Deviasi standar dari  $\log x = 0,5$

$K_T$  = Variabel standar, besarnya tergantung koefisien kepercengan ( $C_s$  atau G pada tabel frekuensi  $K_T$  untuk Distribusi *Log Pearson Type*

III)



**Tabel 2.6** Faktor Sifat Distribusi *Log Pearson Type III* Untuk Cs Positif

Skew Coef. (Cs)	1,0101	1,053	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	Percent Change			4	2	1	0,5
					50	20	10				
3.0	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,061	4,970
2.9	-0,690	-0,688	-0,681	-0,651	-0,390	0,440	1,196	2,277	3,134	4,013	4,909
2.8	-0,714	-0,711	-0,702	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2.7	-0,740	-0,736	-0,724	-0,681	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,097	3,932	4,783
2.6	-0,769	-0,762	-0,747	-0,695	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2.5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2.4	-0,832	-0,819	-0,795	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,029	3,800	4,584
2.3	-0,867	-0,850	-0,819	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2.2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,454
2.1	-0,946	-0,914	-0,869	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2.0	-0,990	-0,949	-0,896	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1.9	-1,037	-0,984	-0,920	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1.8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1.7	-1,140	-1,056	-0,970	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1.6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1.5	-1,256	-1,131	-1,018	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,745	3,330	3,910
1.4	-1,318	-1,163	-1,041	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1.3	-1,388	-1,206	-1,064	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1.2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1.1	-1,518	-1,280	-1,107	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1.0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0.9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,967	3,401
0.8	-1,733	-1,388	-1,166	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0.7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0.6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,123
0.5	-1,965	-1,491	-1,216	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0.4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0.3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0.2	-2,175	-1,586	-1,258	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0.1	-2,225	-1,616	-1,270	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,064	2,064	2,576

Sumber : Suripin (2004)

**Tabel 2.7** Faktor Sifat Distribusi *Log Pearson Type III* Untuk Cs Negatif

Skew Coef. (Cs)	1,0101	1,0526	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	Percent Change			4	2	1	0,5
					50	20	10				
0	-2,336	-1,645	-1,282	-0,824	0,000	0,842	1,282	1,750	2,054	2,326	2,576
-0.1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0.2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0.3	-2,544	-1,762	-1,309	-0,824	0,050	0,853	1,245	0,163	1,890	2,104	2,294
-0.4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0.5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0.6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0.7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,633	1,800	1,936
-0.8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,484	1,608	1,733	1,837
-0.9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1.0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	0,164	0,852	1,108	1,366	1,492	1,588	1,664
-1.1	-3,087	-1,894	-1,341	-0,745	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1.2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1.3	-3,211	-1,925	-1,339	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1.4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,196	1,270	1,316	1,351
-1.5	-3,330	-1,961	-1,333	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1.6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,168	1,197	1,216
-1.7	-3,444	-1,972	-1,324	-0,660	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1.8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1.9	-3,533	-1,989	-1,310	-0,627	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2.0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,969	0,980	0,990	0,995
-2.1	-3,656	-2,001	-1,294	-0,592	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,346	0,949
-2.2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,330	0,732	0,849	0,888	0,900	0,905	0,907
-2.3	-3,753	-2,009	-1,274	-0,555	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2.4	-3,800	-2,011	-1,262	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2.5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,360	0,711	0,771	0,793	0,796	0,799	0,800
-2.6	-3,889	-2,013	-1,238	-0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,767	0,769	0,769
-2.7	-3,932	-2,011	-1,224	-0,479	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2.8	-3,973	-2,010	-1,210	-0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,734	0,714
-2.9	-4,013	-2,007	-1,195	-0,440	0,330	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3.0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,390	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber : Suripin (2004)



### 2.5.1 Uji Kesesuaian Frekuensi

Uji kesesuaian frekuensi digunakan untuk mengetahui kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis dan mengetahui kebenaran hipotesa meliputi Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Kuadrat.

#### 1. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov sering disebut sebagai uji kecocokan non parametik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Langkah langkah yang dilakukan untuk Uji Smirnov Kolmogorov yaitu sebagai berikut:

1. Memasukkan data curah hujan rancangan terbesar sampai yang terkecil
2. Menentukan peluang empiris pada data curah hujan yang sudah diurutkan.
3. Menganalisis peluang setiap data dengan perhitungan distribusi probabilitas.
4. Menentukan selisih data yang sudah diurutkan antara peluang teoritis dan empiris ( $\Delta P_1$ ).
5. Jika hasil perhitungan menunjukkan selisih peluang empiris dan teoritis lebih kecil dari selisih peluang kritis  $\Delta P_1 < \Delta P$ . Kritis maka probabilitas yang dipilih dapat diterima.

**Tabel 2.8** Nilai Kritis  $\Delta_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

Ukuran Sampel (n)	Level of Significance (persen)				
	20	15	10	5	1
1	0,9	0,925	0,95	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,829
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,734
5	0,446	0,474	0,51	0,563	0,669
6	0,41	0,436	0,47	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,36	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,45
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,391
17	0,25	0,266	0,286	0,318	0,38
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,37
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,361
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,352
Rumus Asimtotik	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Soewarno (1995)

Pada umumnya tarif signifikan atau derajat nyata diambil sebesar 5% dengan asumsi bahwa 5 dari 100 kesimpulan yang menolak hasil hipotesa yang seharusnya diterima adalah 95% konfiden bahwa kita telah membuat kesimpulan benar.

## 2. Uji Chi Square

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistika sampel data yang dianalisis.

Persamaan yang digunakan pada Uji *Chi-Square* yaitu sebagai berikut :

(Soewarno, 1995)

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

$X^2$  = Parameter Chi-kuadrat terhitung

$n$  = Jumlah sub kelompok

$O_f$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $f$

$E_f$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $f$

Nilai  $X^2$  yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai  $X^2_{cr}$  (Chi-kuadrat kritis), dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangan dengan Chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu derajat tertentu, yang diambil 5% (Triatmodjo, 2010), nilai  $X^2_{cr}$  dapat dilihat pada tabel 2.9.

Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (a + 1) \dots\dots\dots(2.16)$$

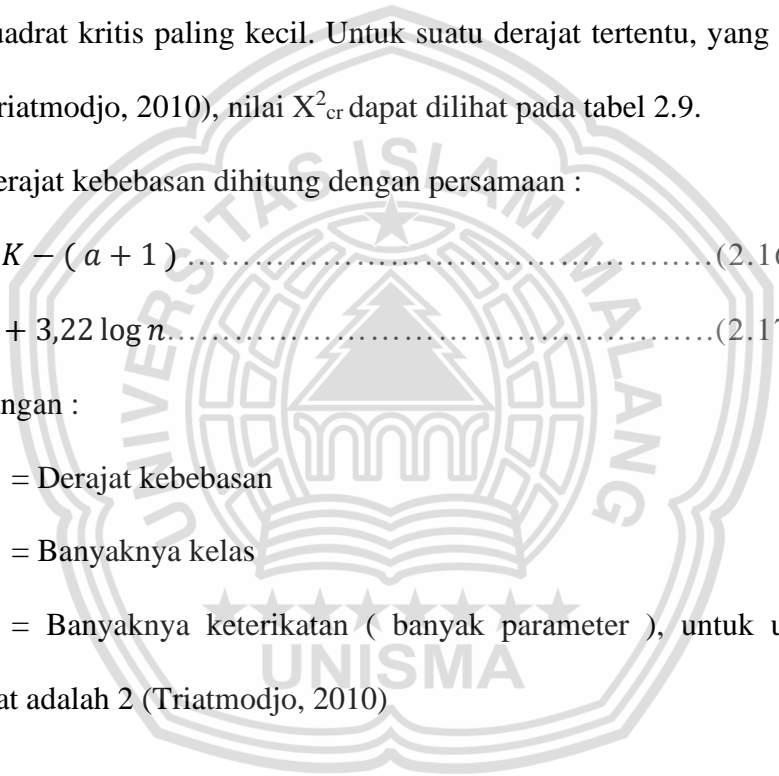
$$K = 1 + 3,22 \log n \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

$Dk$  = Derajat kebebasan

$K$  = Banyaknya kelas

$\alpha$  = Banyaknya keterikatan ( banyak parameter ), untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2 (Triatmodjo, 2010)



**Tabel 2.9** Nilai Kritis Untuk Distribusi *Chi-Square*

d <sup>k</sup>	derajat kepercayaan							
	t <sub>0,995</sub>	t <sub>0,99</sub>	t <sub>0,975</sub>	t <sub>0,95</sub>	t <sub>0,95</sub>	t <sub>0,05</sub>	t <sub>0,025</sub>	t <sub>0,01</sub>
1	0,039	0,016	0,098	0,393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,1	0,201	0,506	0,103	5,991	0,738	9,21	10,597
3	0,717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,884	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Suripin (2004)

**2.5.2 Kala Ulang Hujan**

Kala Ulang Hujan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan sistem drainasenya, seperti terlihat dalam tabel 2.10.



2. Untuk bangunan pelengkap dipakai kala ulang yang sama dengan sistem saluran di mana bangunan pelengkap ini berada ditambah 10% debit saluran. 14
3. Perhitungan curah hujan berdasarkan data hidrologi minimal 10 tahun terakhir (mengacu pada tata cara analisis curah hujan drainase perkotaan).

**Tabel 2.10** Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 Th

Sumber : (PERMEN PU RI No.12/PRT/M/, 2014)

Perencanaan kala ulang hujan pada perumahan Gresik Kota Raya digunakan kala ulang 2-5 tahun dengan luas tangkapan sebesar 13,5 Ha sesuai dengan tabel diatas dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : (Suripin, 2004)

$$\log X_T = \log X + K \cdot S_i \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

$X_T$  = Curah hujan rancangan kala ulang T tahun

X = rata-rata data hujan

K = Variable standart x yang ditentukan besarnya dengan koefisien kemiringan.

$S_i$  = Standart deviasi

### 2.5.3 Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan (*Run Off*)

Koefisien *runoff* merupakan proses pengaliran air hujan yang melimpas melalui permukaan atas tanah, jalan, taman dan lain sebagainya kemudian di alirkan ke saluran drainase yang direncanakan. Nilai Koefisien *runoff* ditentukan oleh type tataguna lahan pada daerah *catchment area* yang dapat dilihat pada tabel 2.11 dibawah ini.

Perhitungan koefisien limpasan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

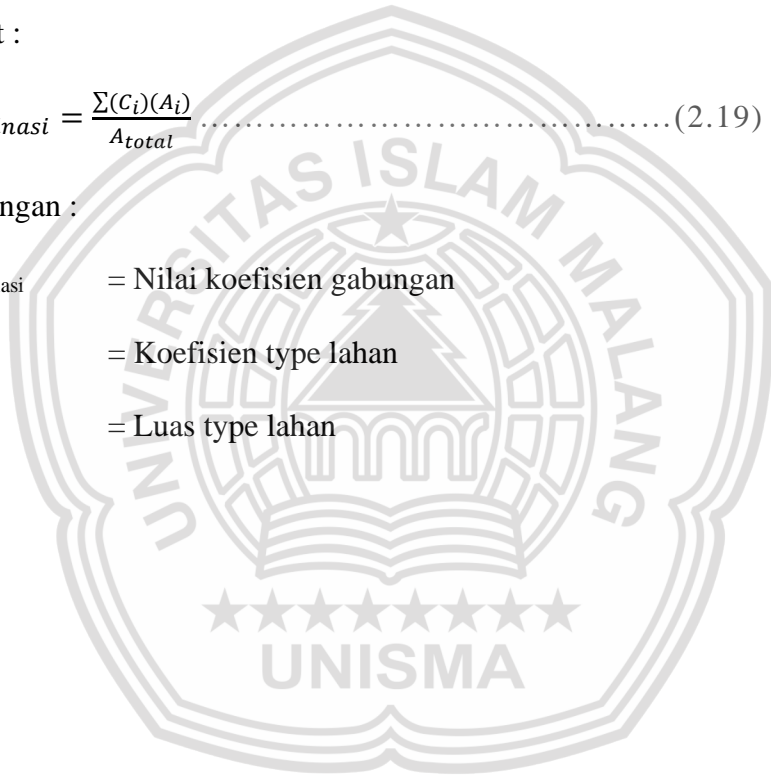
$$C_{kombinasi} = \frac{\sum(C_i)(A_i)}{A_{total}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

$C_{kombinasi}$  = Nilai koefisien gabungan

$C_i$  = Koefisien type lahan

$A_i$  = Luas type lahan



**Tabel 2.11** Nilai Koefisien type tataguna lahan ( C )

No.	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	· Perkotaan	0,70 – 0,95
	· Pinggiran	0,50 – 0,70
2	Perumahan	
	· Rumah tinggal	0,30 – 0,50
	· Multiunit terpisah	0,40 – 0,60
	· Mutiunit tergabung	0,60 – 0,75
	· Perkampungan	0,25 – 0,40
· Apartement	0,50 – 0,70	
3	Industri	
	· Ringan	0,50 – 0,80
	· Berat	0,60 – 0,80
4	Perkerasan	
	· Aspal dan Beton	0,70 – 0,95
	· Batu bata, paving	0,50 – 0,70
5	Atap	0,75 – 0,95
6	Halaman, tanah berpasir	
	· Datar 2%	0,05 – 0,10
	· Rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
	· Curam 7%	0,15 – 0,20
7	Halaman tanah Berat	
	· Datar 2%	0,13 – 0,17
	· Rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
	· Curam 7%	0,25 – 0,35
8	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
9	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
10	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
11	Hutan	
	· Datar, 0 - 5 %	0,10 – 0,40
	· Bergelombang, 5 - 10 %	0,25 – 0,50
	· Berbukit 10 - 3- %	0,30 – 0,60

Sumber : Suripin (2004)

#### 2.5.4 Intensitas curah hujan

Wilayah kabupaten Gresik adalah kota sedang dan perumahan Gresik Kota Raya mempunyai tangkapan air seluas 10,8 Ha, maka beracuan pada peraturan menteri tentang penyelenggaraan system drainase perkotaan digunakan periode 5 tahun. Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan curah hujan rancangan yang sudah didapatkan dengan metode *Log Pearson*

Type III. Besarnya intensitas hujan ini dipengaruhi oleh lamanya curah hujan.(Putri et al., 2018). Dalam menentukan intensitas curah hujan digunakan rumus mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm/jam)

t<sub>c</sub> = lama hujan (jam)

Nilai R<sub>24</sub> didapatkan dari curah hujan rancangan pada kala ulang 2,5,10 dan 25 tahun. Dalam hal ini nilai durasi hujan ( t<sub>c</sub> ) sama dengan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh hujan yang jatuh dari atas untuk mengalir dari titik terjauh saluran sampai keluaran DAS. Penentuana waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dapat menggunakan rumus kirpich dibawah ini:

$$t_c = \frac{0,0195}{60} \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

t<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang saluran (m)

S = Kemiringan saluran



**Tabel 2.12** Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No.	Kondisi lapis permukaan	nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

### 2.5.5 Perhitungan Debit Rencana

Debit Banjir Rencana Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode Rasional. Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki :

- Intensitas curah hujan merata di seluruh DAS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DAS.
- Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama. Persamaan rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots \dots \dots (2.22)$$

Keterangan :

Q = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup> /det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup> )

### 2.5.6 Perhitungan Debit Air Kotor

Debit air kotor berasal dari air buangan di kawasan perumahan, industri, sekolah, dan lain sebagainya. Debit air kotor yang dibuang dalam saluran

drainase diasumsikan sebesar 80% dari kebutuhan air bersih dalam sehari.

Besarnya kebutuhan air bersih disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 2.13** Kebutuhan air bersih rumah tangga per orang per hari menurut kategori kota

No.	Kategori Kota	Jumlah penduduk (Jiwa)	Kebutuhan air bersih (L/O/H)
1.	Semi Urban (ibu kota kecamatan / desa)	3 000 – 20 000	60 - 90
2.	Kota kecil	20 000 – 100 000	90 - 110
3.	Kota sedang	100 000 – 500 000	100- 125
4.	Kota besar	500 000 – 1 000 000	120 - 150
5.	Metropolitan	> 1 000 000	150 - 200

Sumber : (SNI-67281, 2015)

Maka perhitungan debit air kotor dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Menghitung Jumlah penduduk pada perumahan, Berdasarkan (KEPMEN No.403/KPTS/M/, 2002), kebutuhan ruang per-orang yaitu 9 m<sup>2</sup> .Maka dapat disimpulkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Pengaruh Rumah = \frac{Tipe Rumah}{9} \dots\dots\dots(2.23)$$

- Menghitung kebutuhan air bersih perhari,
- Menghitung (qm), atau Jumlah Air Buangan Maksimum x faktor pengaliran air buangan,

$$qm = kebutuhan air \times faktor pengaliran air buangan \dots\dots\dots(2.24)$$

- Mencari nilai (qr), atau Total Air Buangan Rata-rata pada hari maksimum dengan persamaan berikut :

$$qr = \frac{qm}{24 jam} \times 1000 \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan :

qr = total air buangan (m<sup>3</sup> /jam),

qm = jumlah air buangan maksimum (lt/hr/org),

- Mencari nilai (Q<sub>peak</sub>), atau Debit Buangan Maksimum

$$Q_{peak} = P \times qr \dots\dots\dots(2.26)$$

$$P = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{qr}} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

$Q_{peak}$  = Debit buangan Maksimum ( $m^3 / dtk$ ),

$qr$  = total air buangan rata-rata pada hari maksimum ( $m^3 / dtk$ ),

$P$  = faktor peak ( $m^3 / jam$ ),

Kemudian menghitung besar  $Q_{peak}$  untuk setiap orang pada perumahan, yaitu sebagai berikut :

$$Q_{peak} \text{ Perorang} = \frac{Q_{Peak}}{\text{Jumlah Penduduk}} \dots\dots\dots(2.28)$$

- Menghitung jumlah Air Buangan untuk setiap rumah.

## 2.6 Perencanaan Saluran

Perencanaan Saluran bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana.

### 2.6.1 Dimensi saluran

Penentuan dimensi lebar saluran dan kedalamannya yaitu dengan cara *trial and eror* jika saluran mampu menampung limpasan air maka dapat digunakan sebagai dimensi rencana. Menurut (Hasmar, 2011) ada beberapa jenis bentuk dimensi saluran seperti persegi panjang, trapesium dan bulat dengan persamaan sebagai berikut :

- a. Dimensi persegi panjang

$$Fs = B.H \dots\dots\dots(2.29)$$

$$Ps = B + 2H \dots\dots\dots(2.30)$$

$$Rs = Fs/Ps \dots\dots\dots (2.31)$$

- b. Dimensi trapezium

$$F_s = (B + mH) \cdot H \dots\dots\dots (2.32)$$

$$P_s = B + 2H (1 + m^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$R_s = F_s / P_s \dots\dots\dots (2.34)$$

Keterangan :

B : dasar saluran

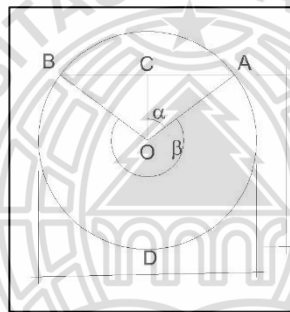
H : tinggi saluran

F<sub>s</sub> : luas tampang saluran

P<sub>s</sub> : keliling basah

R<sub>s</sub> : radius hidrolis

c. Dimensi lingkaran



Gambar 2.3 Dimensi Lingkaran

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{\beta}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times BC \times OB \dots\dots\dots (2.35)$$

$$P = \pi D \times \frac{\beta}{360^\circ} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$D = \left( \frac{Q}{A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}} \right)^{3/8} \dots\dots\dots (2.39)$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

P = Keliling basah penampang (m)



- $R$  = Jari-jari hidrolis (m)  
 $Q$  = Debit saluran ( m<sup>3</sup>/detik)  
 $\beta$  = Sudut AOB  
 $S$  = Kemiringan saluran (m)  
 $D$  = Diameter saluran (m)  
 $n$  = koefisien kekasaran manning (lihat tabel 2.14 )

**Tabel 2.14** Koefisien kekasaran manning

No.	Tipe Saluran dan jenis bahan	Nilai n		
		minimum	Normal	maksimum
1	Tanah, lurus dan seragam			
	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
2	Saluran dalam			
	Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,035
	Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	Saluran dibelukar	0,035	0,050	0,070
3.	Beton			
	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/pengganggu	0,011	0,013	0,014
	Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017

Sumber : Suripin (2004)

### 2.6.2 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diperhitungkan agar kecepatan yang dihasilkan stabil, apabila kecepatan terlalu tinggi maka penampung saluran akan cepat rusak dan apabila terlalu lambat akan mengendapkan sedimen yang terbawa oleh

aliran air. Pada aliran terbuka digunakan rumus sebagai berikut : (Hasmar, 2011)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(2.40)$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

N = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

### 2.6.3 Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran drainase dihitung dengan persamaan

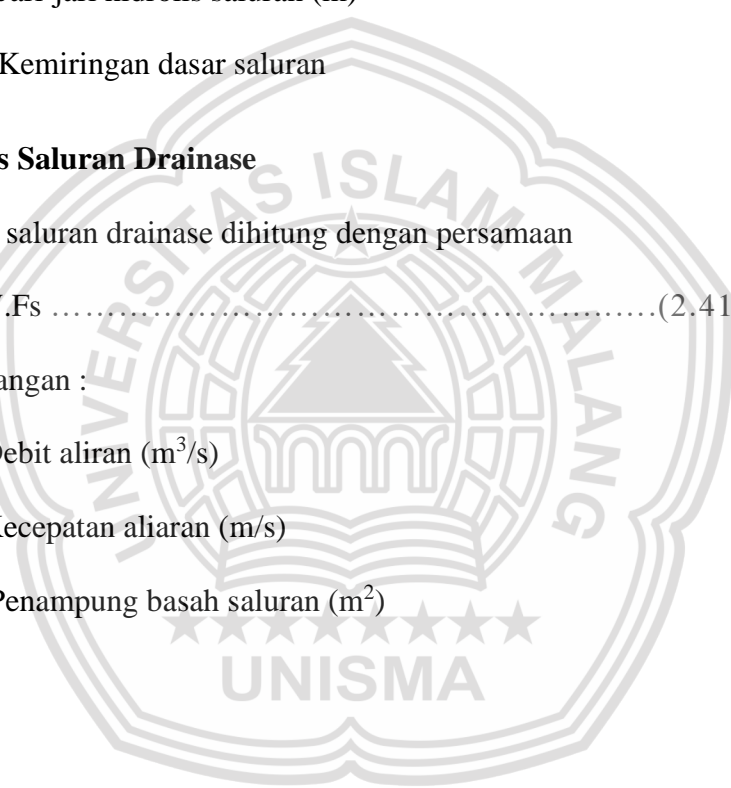
$$Q = V \cdot F_s \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

F<sub>s</sub> = Penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

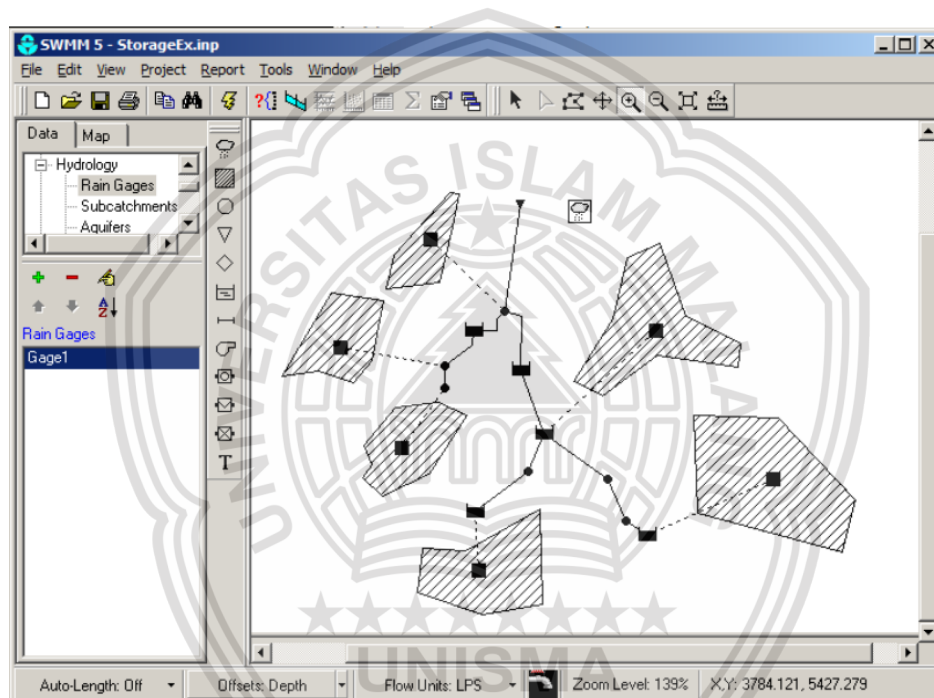


## 2.7 Pemodelan Drainase dengan EPA SWMM 5.1

Tahapan yang dilakukan dalam pemodelan dengan EPA SWMM 5.1 adalah sebagai berikut :

### 1. *Rain Gage*

*Rain Gage* Untuk memberikan data presipitasi beberapa subcatchment pada area penelitian dan data yang diinput adalah data curah hujan dapat berupa intensitas, volume maupun kumulatif volume, dan waktu interval



Gambar 2.4 Rain Gage Epa SWMM 5.1

### 2. *Subcatchment*

*Subcatchment* adalah luas area yang menampung hujan atau area yang diteliti sebagai penerimaan hujan, adapun data yang dimasukkan adalah :

- a. *Width* (panjang pengaliran)
- b. *Rain gage* (nama rain gage yang digunakan)
- c. *Area* (luas *subcatchment*)
- d. *Rain gage* (nama *rain gage* yang digunakan)

- e.  $n_{imperv}$  (nilai  $n$  manning untuk aliran permukaan di daerah *kedap air*)
  - f.  $n$ -*Perviousness* (nilai  $n$  manning untuk aliran permukaan di daerah tidak *kedap air*)
  - g. % *imperv* (persentase *kedap air*)
  - h. % *slope* (persentase kemiringan *subcatchment*)
  - i. % *Zero imperviousness* (persentase dari *impervious* area tanpa *depression storage*)
  - j. *Infiltration* (pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya)
3. *Nodes/Links*
- Nodes/Links* adalah unit pemodelan yang menerima aliran yang masuk dan limpasan dari subcatchment, dan harus menginput data sebagai berikut:
- a. *Node Invert*
  - b. *Node Pounded Area*
  - c. *Node Max Depth*
  - d. *Conduit Geometry*
  - e. *Conduit Roughness*
  - f. *Conduit Length*
  - g. *Link Offset*
  - h. *Flow Units*
  - i. *Routing Method*

4. *Junction*

Menu yang digunakan untuk menghubungkan antara saluran satu ke saluran yang lainnya.



5. *Outfalls*

*Outfalls* adalah titik akhir dari saluran drainase.

6. *Divider*

Dihitung dengan rumus

$$Q_{div} = C_w \cdot (fH_w)^{1,5} \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan :

$Q_{div}$  : Debit yang dialihkan

$C_w$  : Koefisien *weir*

$H_w$  : Tinggi *weir*

f, dihitung dengan rumus :

$$f = \frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

$Q_{in}$  : *Inflow* yang menuju divider

$Q_{min}$  : Aliran dimana pengalihan dimulai

7. *Conduit*

*Conduit* adalah menu untuk menghubungkan antar node dalam pemodelan *EPA SWMM*. Bentuk saluran dapat dipilih sesuai perencanaan yang dipilih dengan aliran terbuka maupun tertutup.

*EPA SWMM* menggunakan persamaan manning untuk menghitung debit yang terjadi di semua junction.

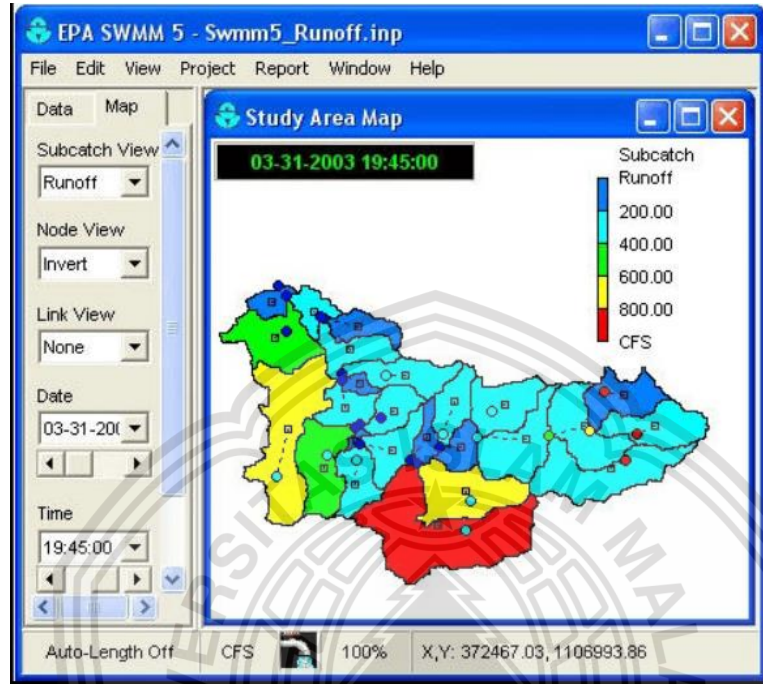
$$Q = \frac{1,49 \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

Q : Debit (m<sup>3</sup>/s)

n : Koefisien manning

- A : Luas (m<sup>2</sup>)
- R : Penampang basah (m)
- S : Kemiringan lahan



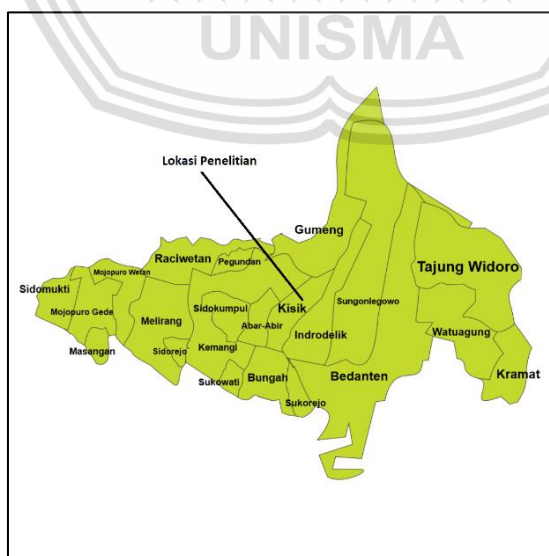
Gambar 2.5 Runoff SWMM 5.1

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

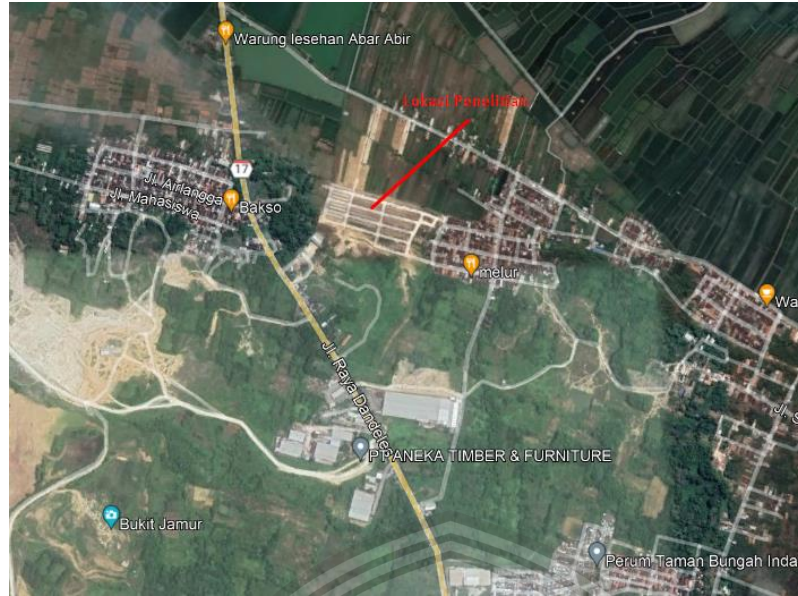
Pada penyusunan tugas akhir ini perlu dilakukan pengumpulan data sebagai bahan untuk menunjang perencanaan saluran drainase. Maka dari itu metodologi penelitian perlu dibuat agar data perencanaan bisa digunakan dengan efisien pada lokasi penelitian. Adapun langkah-langkah yang dipakai dalam penelitian sebagai berikut.

### 3.1 Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan yang dijadikan tempat penelitian yaitu perumahan Gresik Kota Raya yang berada di desa Kisik kecamatan Bungah kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur. Perumahan Gresik kota Raya memiliki luas lahan 98556 m<sup>2</sup>, yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu Klaster Pesona Raya sebesar 43151 m<sup>2</sup>, Area barat sebesar 25076 m<sup>2</sup>, dan Area timur memiliki luas sebesar 30339 m<sup>2</sup>, Area Barat dan Area timur yang masih dalam tahap perencanaan pengembangan. Objek yang dijadikan penelitian yaitu pada Klaster Pesona Raya.



**Gambar 3.1** Lokasi Perumahan Gresik Kota Raya  
Sumber: Sidesa.gresikkab.go.id



**Gambar 3.2** Lokasi Perumahan Gresik Kota Raya

Sumber: Google Earth Pro

### 3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian adalah langkah-langkah yang ditempuh dari mulai penelitian hingga mendapatkan hasil atau kesimpulan yang sesuai, adapun alur penelitian yaitu sebagai berikut :

#### 3.2.1 Tinjauan Pustaka

Mengumpulkan data-data atau sumber yang berhubungan dengan perencanaan system drainase, data ini bisa didapatkan dari berbagai sumber, seperti : jurnal, buku pedoman, dan internet.

#### 3.2.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dimaksudkan agar dapat mengidentifikasi masalah yang ada di lokasi tersebut supaya bisa didapatkan rumusan masalah.

#### 3.2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data yang mendukung untuk penelitian ini berupa data dari instansi yang bersangkutan dengan penelitian yang meliputi:



1. Data curah hujan

Data curah hujan adalah data yang digunakan dalam menentukan debit rencana dan intensitas hujan suatu wilayah. Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2012 – 2021, dengan data tersebut dapat diketahui debit banjir wilayah tersebut.

2. Site Plan

Site plan digunakan untuk mengetahui luas daerah tangkapan air dan menentukan jumlah penduduk pada lokasi perumahan tersebut

3. Data topografi

Data topografi digunakan untuk menentukan arah pengaliran drainase yang akan direncanakan pada lokasi perumahan tersebut

### 3.2.4 Analisis Data

1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan untuk mengetahui intensitas frekuensi curah hujan yang akan digunakan untuk menghitung debit rencana pada saluran drainase.

- a. Penentuan Kala Ulang Hujan

- b. Analisis frekuensi curah hujan

Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi metode Distribusi Normal, Log- Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Penentuan curah hujan rencana diperlukan untuk mengetahui debit rencana. Data curah hujan yang akan dianalisis minimal 10 tahun yang diperoleh dari stasiun hujan pada lokasi terdekat.

c. Uji kesesuaian Frekuensi

Uji kesesuaian frekuensi digunakan untuk mengetahui kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis dan mengetahui kebenaran hipotesa meliputi Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Kuadrat.

d. Intensitas Curah Hujan (I)

e. Luas Daerah Pengaliran (A)

f. Koefisien Limpasan (C)

g. Perhitungan debit limpasan air hujan ( $Q_{ah}$ )

h. Perhitungan jumlah penduduk

i. Perhitungan debit air buangan ( $Q_{ab}$ )

j. Perhitungan Debit Rencana ( $Q_r$ )

2. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana.

a. Dimensi Saluran

b. Kecepatan Aliran

c. Kapasitas Saluran

3. Perbandingan debit rencana dengan debit saluran

### 3.2.5 Pemodelan data menggunakan software EPA SWMM 5.1

Langkah-langkah untuk membuat pemodelan di software EPA SWMM

5.1 yaitu :

1. Input gambar site plan perumahan pada menu view (*backdrop*)

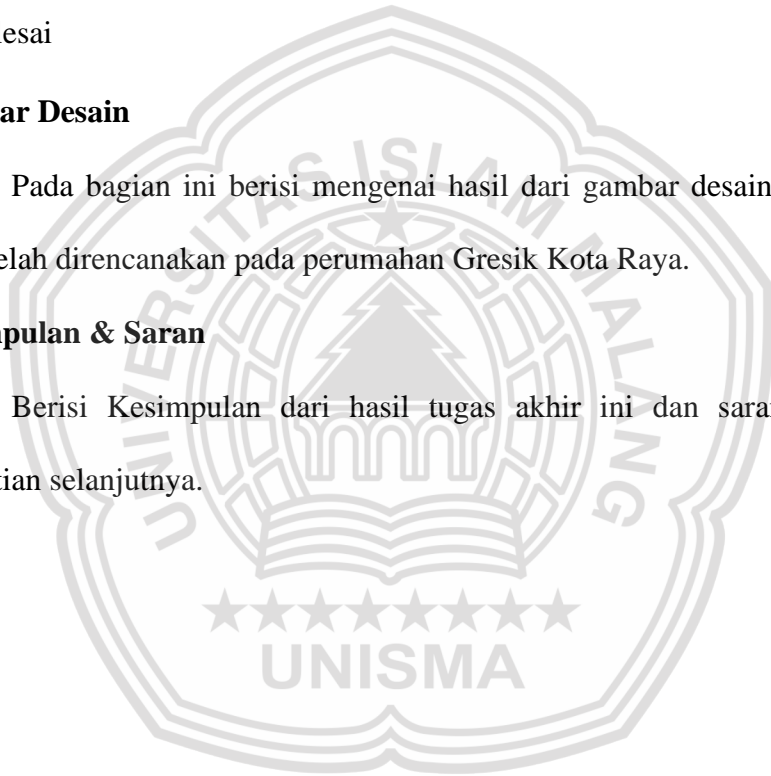
2. Memasukkan data-data yang sudah diperoleh sebelumnya kedalam menu *subcatchment*, *junction*, *outfalls* dan *rain gage*.
3. Intensitas hujan dimasukkan ke rain gage yang terletak pada *time series*.
4. Klik menu *project default* kemudian *Run*
5. Evaluasi hasil yang telah diperoleh, apabila masih terjadi genangan atau banjir maka ubah dimensi saluran sampai tidak ada banjir pada pemodelan *EPA SWMM 5.1*
6. Selesai

### 3.2.6 Gambar Desain

Pada bagian ini berisi mengenai hasil dari gambar desain saluran yang telah direncanakan pada perumahan Gresik Kota Raya.

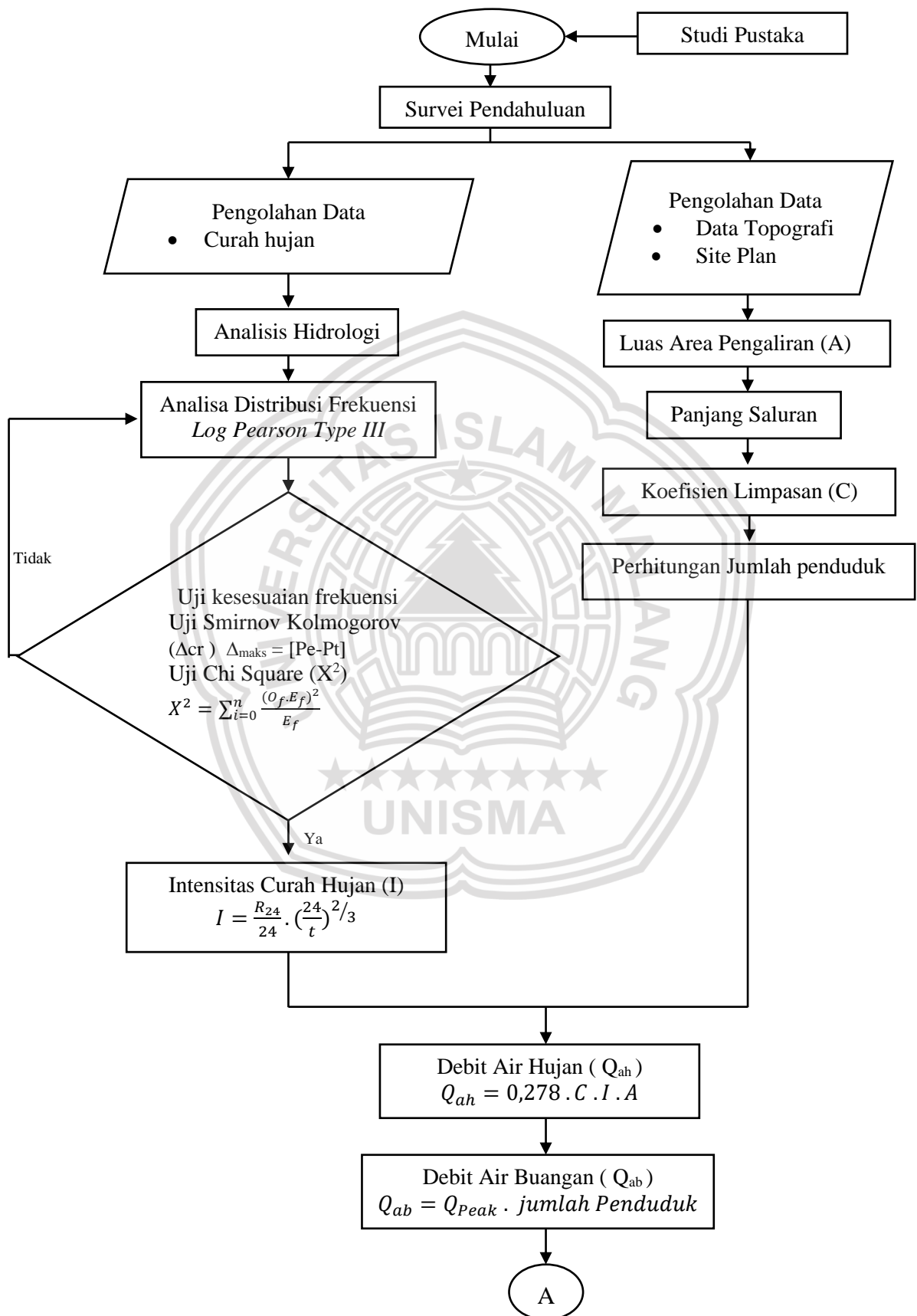
### 3.2.7 Kesimpulan & Saran

Berisi Kesimpulan dari hasil tugas akhir ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.

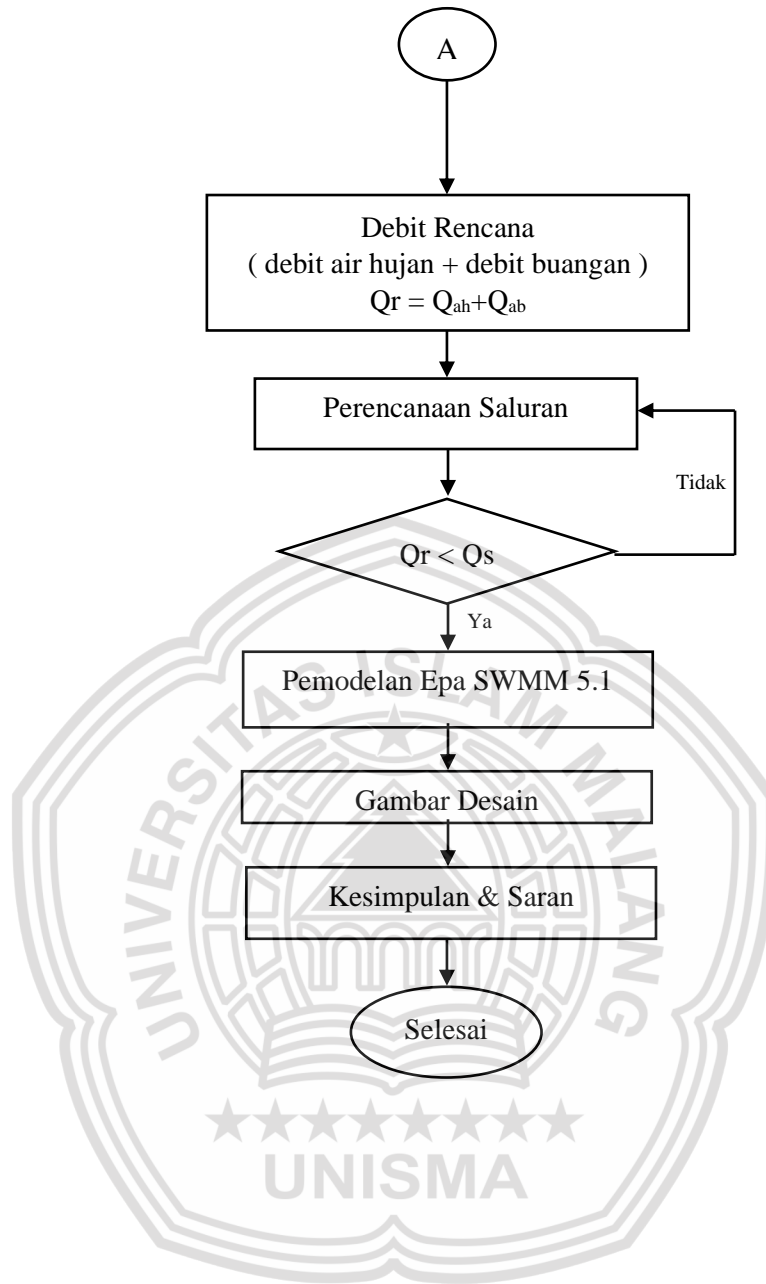


### 3.3 Diagram Alir

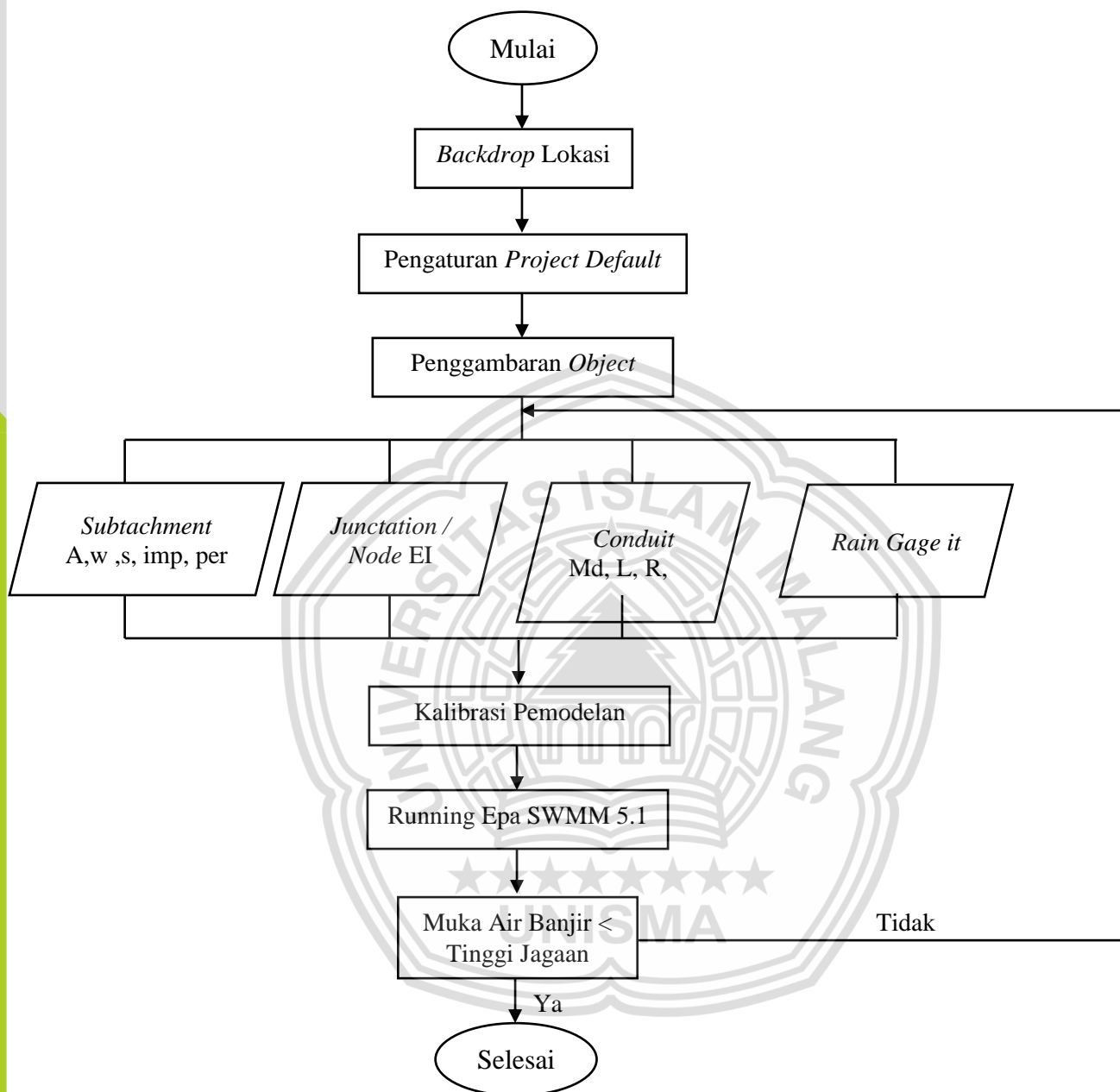
#### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian







### 3.3.2 Diagram Alir Program Epa SWMM 5.1



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

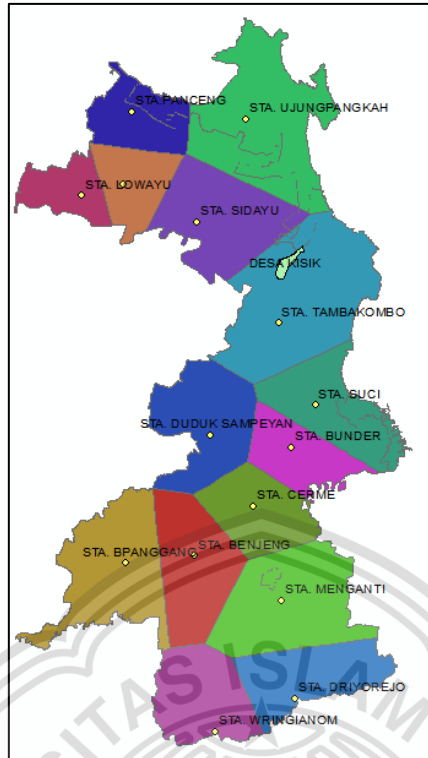
### 4.1 Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi Digunakan untuk mendapatkan debit hidrologi yaitu debit yang berasal dari curah hujan atau yang melimpas pada *catchment area*.

#### 4.1.1 Analisis Curah Hujan

Data Hujan yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir studi perencanaan saluran drainase pada perumahan Gresik Kota Raya merupakan data hujan maksimum selama sepuluh tahun terakhir yaitu dari tahun 2012 sampai tahun 2021 yang diambil dari pos stasiun hujan di titik pengamatan. Dalam menganalisis curah hujan penulis menggunakan metode poligon thiessen sesuai dengan syarat yang ada pada tabel 2.2 .

Penentuan titik pengamatan yaitu berdasarkan stasiun terdekat dari lokasi pengamatan. Kabupaten Gresik sendiri mempunyai Stasiun curah hujan sebanyak 15 titik yaitu Sta. Bpanggung, Sta. Bunder, Sta. Benjeng, Sta Menganti, Sta driyorejo, Sta Wringinanom, Sta Sidayu, Sta DudukSampeyan, Sta. Ujungpangkah, Sta TambakOmbo, Sta. Lowayu, Sta. Mentaras, Sta. Suci, Sta. Panceng, Sta Cerme. Lokasi pengamatan berada pada stasiun Tambakombo. Seperti Pada gambar 4.1, dan luas Sta kabupaten Gresik tiap titik bisa dilihat pada tabel 4.1



**Gambar 4.1** Titik Stasiun Hujan Gresik  
Sumber: Pengolahan data Arcgis,2022

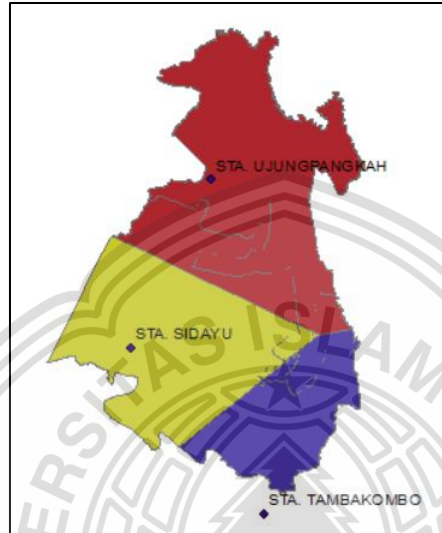
**Tabel 4.1** Luas STA Kabupaten Gresik

Nama STA	Luas Km <sup>2</sup>
STA Panceng	44,68
STA Mentaras	39,63
STALowayu	31,49
STA Ujungpangkah	119,23
STA Sidayu	79,59
STA Tambakombo	128,15
STA Suci	65,29
STA Duduksampeyan	71,70
STA Bunder	44,35
STA Cerme	53,03
STA Benjeng	71,25
STA Balongpanggang	87,96
STA Menganti	94,87
STA Driyorejo	60,09
STA Wringinanom	60,08

Sumber : Hasil Pengolahan data Arcgis dan excel, 2022



Dari gambar tersebut diketahui bahwa lokasi penelitian berada pada kawasan stasiun hujan TambakOmbo. Dalam menentukan stasiun hujan mana saja yang diambil untuk penelitian dibuatlah poligon terlebih dahulu dengan menggabungkan titik hujan dengan luasan DAS Bengawan Solo seperti gambar 4.2



**Gambar 4.2** Poligon Thiessen lokasi Studi  
Sumber: Pengolahan data Arcgis,2022

**Tabel 4.2** Luas Das tiap stasiun

DAS Penelitian	Km <sup>2</sup>	Persentase %
STA Ujungpangkah	105,43	0,5
STA Sidayu	79,04	0,4
STA Tambakombo	39,93	0,2
jumlah	224,39	1,0

Sumber : Hasil Pengolahan data Arcgis dan excel, 2022

Dari gambar tersebut diketahui bahwa stasiun hujan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu stasiun tambakombo, stasiun ujungpangkah dan stasiun sidayu. Curah hujan maksimum dari tiga stasiun tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini

**Tabel 4.3** Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Tambakombo, Sidayu, Ujungpangkah

no.	Tahun	Stasiun 1	stasiun 2	stasiun 3
		Ujungpangkah (mm)	Sidayu (mm)	TambakOmbo (mm)
1	2012	53	86	86
2	2013	50	117	100
3	2014	30	82	87
4	2015	30	92	91
5	2016	68	98	111
6	2017	35	85	64
7	2018	55	131	64
8	2019	64	119	95
9	2020	70	136	84
10	2021	49	92	93

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur, 2022

#### 4.1.2 Uji Konsistensi Data

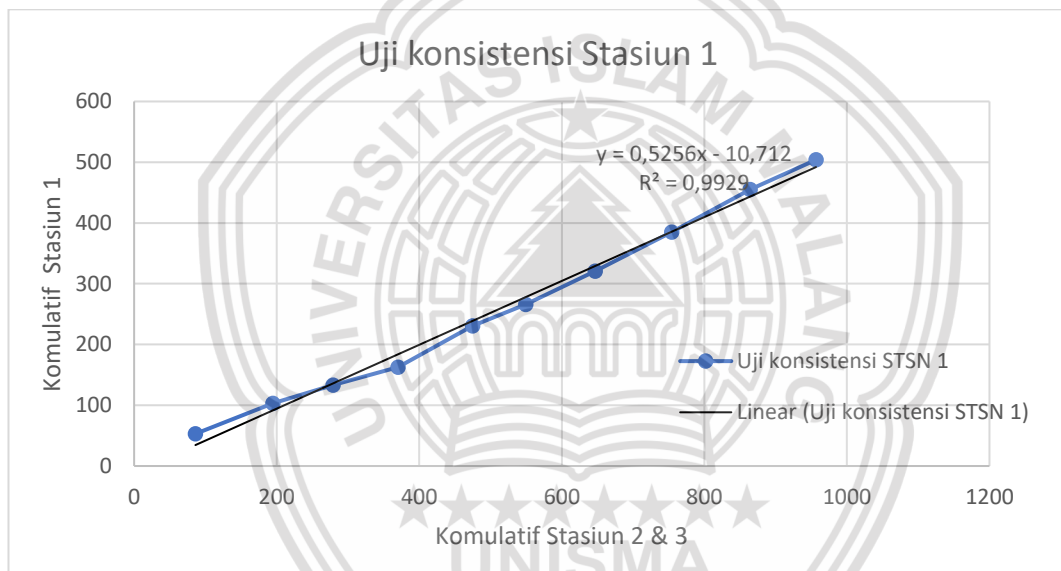
Uji konsistensi data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang akan diolah dinyatakan konsisten atau tidak. Uji konsistensi data dilakukan setelah melakukan perhitungan kepada data hujan yang hilang agar data dari ketiga stasiun itu memiliki hubungan. Pengujian ini dilakukan pada setiap stasiun yang berada pada daerah pengamatan karena setiap stasiun hujan mempunyai tinggi curah hujan yang berbeda. Satu stasiun dicari nilai kumulatifnya kemudian dibandingkan dengan nilai kumulatif dari dua stasiun pembanding untuk memperoleh sudut simpangan yang kemudian dibuat kedalam bentuk grafik.

##### 1. Uji konsistensi stasiun Ujungpangkah terhadap stasiun Sidayu dan tambakombo

**Tabel 4.4** Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 1 Ujungpangkah

Tahun	Stsn 1 (mm)	Kumulatif	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn	Kumulatif
		Stsn 1 (mm)	Stsn 2 (mm)	Stsn 3 (mm)	2 & 3 (mm)	Rerata (mm)
2012	80	80	86	86	86	86
2013	75	155	117	100	109	195
2014	45	200	82	87	85	279
2015	45	245	92	91	92	371
2016	68	313	98	111	105	475
2017	35	348	85	64	75	550
2018	55	403	131	64	98	647
2019	64	467	119	95	107	754
2020	70	537	136	84	110	864
2021	49	586	92	93	93	957
Σ		3335				5176

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.3** Grafik Uji konsistensi Stasiun 1

**Keterangan**

1. Tabel 4.4 merupakan tabel curah hujan 10 tahun terakhir beserta pembandingan nilai komulatif stasiun Ujungpangkah terhadap stasiun Sidayu dan stasiun Tambakombo
2. Gambar 4.3 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai komulatif stasiun Ujungpangkah terhadap stasiun Sidayu dan stasiun Tambakombo, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 1 masih keluar dari garis linear yaitu titik ke empat sehingga perlu dicari faktor koreksinya.

3. Menghitung faktor koreksi

$$tg a = \frac{y}{x} = \frac{(504 - 164)}{(957 - 371)} = 0,582$$

$$tg a_0 = \frac{y_0}{x_0} = \frac{(163 - 53)}{(371 - 86)} = 0,387$$

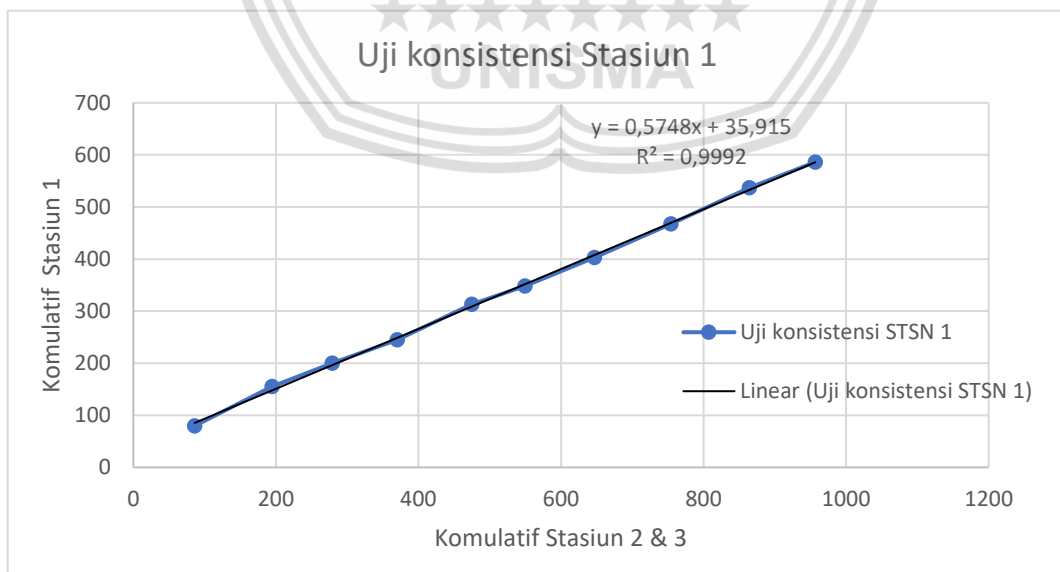
$$YZ = \frac{tg a}{tg a_0} = \frac{0,582}{0,387} = 1,504$$

Faktor koreksi diperoleh yaitu 1,504

**Tabel 4.5** Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 1 Ujungpangkah (setelah dikali faktor koreksi )

Tahun	Stsn 1 (mm)	Kumulatif Stsn 1(mm)	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn 2 & 3(mm)	Kumulatif Rerata
			Stsn 2 (mm)	Stsn 3 (mm)		
2012	80	80	86	86	86	86
2013	75	155	117	100	109	195
2014	45	200	82	87	85	279
2015	45	245	92	91	92	371
2016	68	313	98	111	105	475
2017	35	348	85	64	75	550
2018	55	403	131	64	98	647
2019	64	467	119	95	107	754
2020	70	537	136	84	110	864
2021	49	586	92	93	93	957
Σ		3335				5176

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.4** Grafik Uji konsistensi Stasiun 1 (setelah dikali faktor koreksi)



Keterangan :

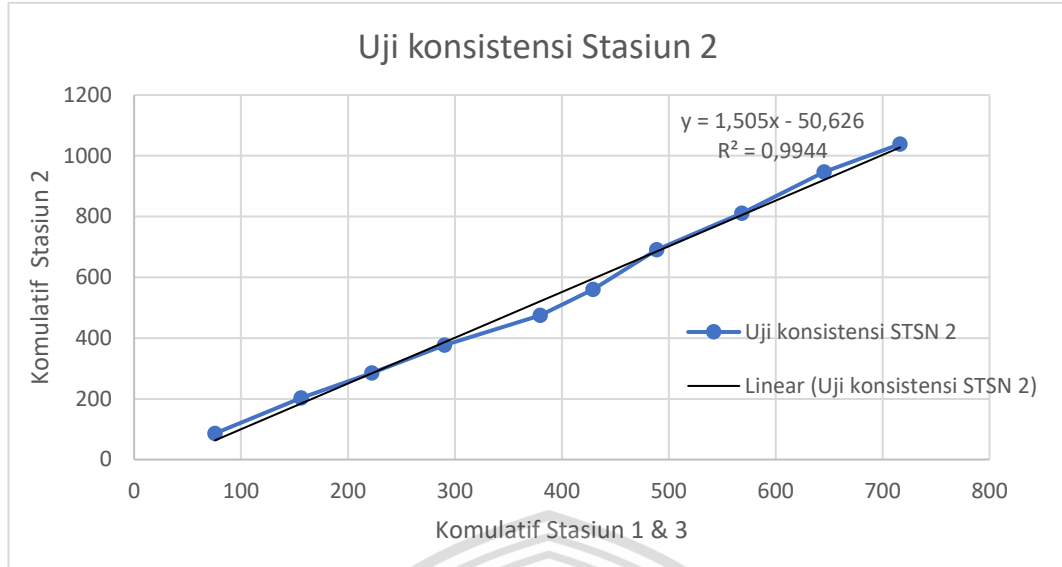
1. Tabel 4.5 merupakan tabel sebelumnya sesudah dikalikan dengan faktor koreksi yaitu 1,504
2. Gambar 4.4 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai kumulatif stasiun Ujungpangkah terhadap stasiun Sidayu dan stasiun Tambakombo, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 1 berbanding lurus dengan garis linear sehingga dapat disimpulkan bahwa data diatas sudah konsisten dan dapat diterima.

**2. Uji konsistensi stasiun Sidayu terhadap stasiun Ujungpangkah dan tambakombo**

**Tabel 4.6 Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 2 Sidayu**

Tahun	Stsn 2 (mm)	Kumulatif	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn	Kumulatif
		Stsn 2 (mm)	Stsn 1 (mm)	Stsn 3 (mm)	1 & 3 (mm)	Rerata (mm)
2012	86	86	65	86	76	76
2013	117	203	61	100	81	156
2014	82	285	45	87	66	222
2015	92	377	45	91	68	290
2016	98	475	68	111	89	380
2017	85	560	35	64	50	429
2018	131	691	55	64	60	489
2019	119	810	64	95	80	568
2020	136	946	70	84	77	645
2021	92	1038	49	93	71	716
Σ		5472				3972

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.5** Grafik Uji konsistensi Stasiun 2

Keterangan :

1. Tabel 4.6 merupakan tabel curah hujan 10 tahun terakhir beserta pembandingan nilai komulatif stasiun Sidayu terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Tambakombo
2. Gambar 4.5 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai komulatif stasiun Sidayu terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Tambakombo, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 2 masih keluar dari garis linear yaitu titik ke lima sehingga perlu dicari faktor koreksinya.
3. Menghitung faktor koreksi

$$tg a = \frac{y}{x} = \frac{(1038 - 475)}{(716 - 380)} = 1,666$$

$$tg a_0 = \frac{y_0}{x_0} = \frac{(475 - 86)}{(380 - 76)} = 1,278$$

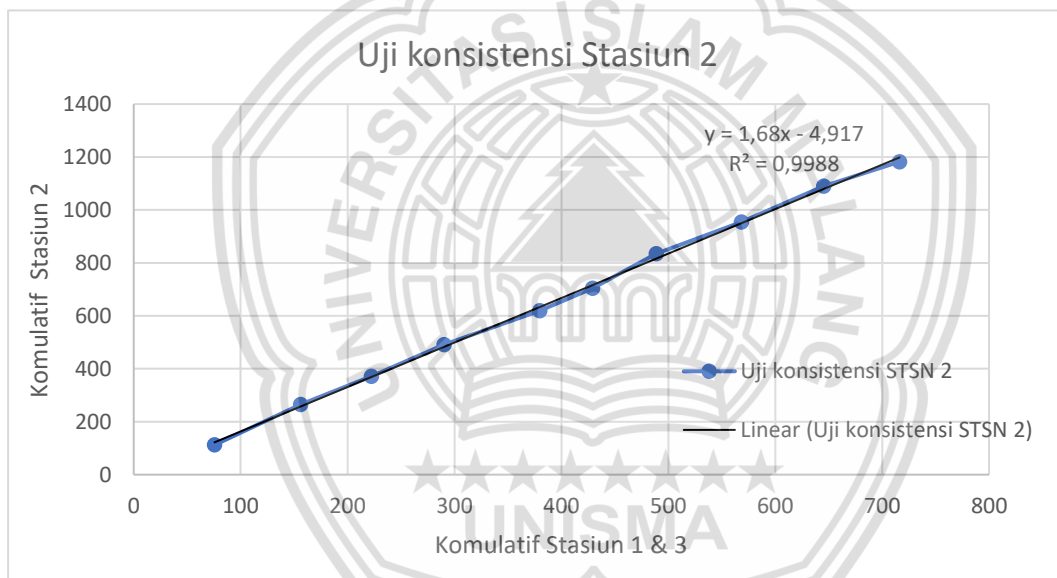
$$YZ = \frac{tg a}{tg a_0} = \frac{1,666}{1,278} = 1,303$$

Faktor koreksi diperoleh yaitu 1,303

**Tabel 4.7** Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 2 Sidayu ( Setelah dikali faktor koreksi)

Tahun	Stsn 2 (mm)	Kumulatif	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn	Kumulatif
		Stsn 2 (mm)	Stsn 1 (mm)	Stsn 3 (mm)	1 & 3 (mm)	Rerata (mm)
2012	112	112	65	86	76	76
2013	152	265	61	100	81	156
2014	107	371	45	87	66	222
2015	120	491	45	91	68	290
2016	128	619	68	111	89	380
2017	85	704	35	64	50	429
2018	131	835	55	64	60	489
2019	119	954	64	95	80	568
2020	136	1090	70	84	77	645
2021	92	1182	49	93	71	716
Σ		6624				3972

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.6** Grafik Uji konsistensi Stasiun 2 (setelah dikali faktor koreksi)

Keterangan :

1. Tabel 4.7 merupakan tabel sebelumnya sesudah dikalikan dengan faktor koreksi yaitu 1,303
2. Gambar 4.6 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai kumulatif stasiun Sidayu terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Tambakombo, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 2 berbanding lurus dengan garis

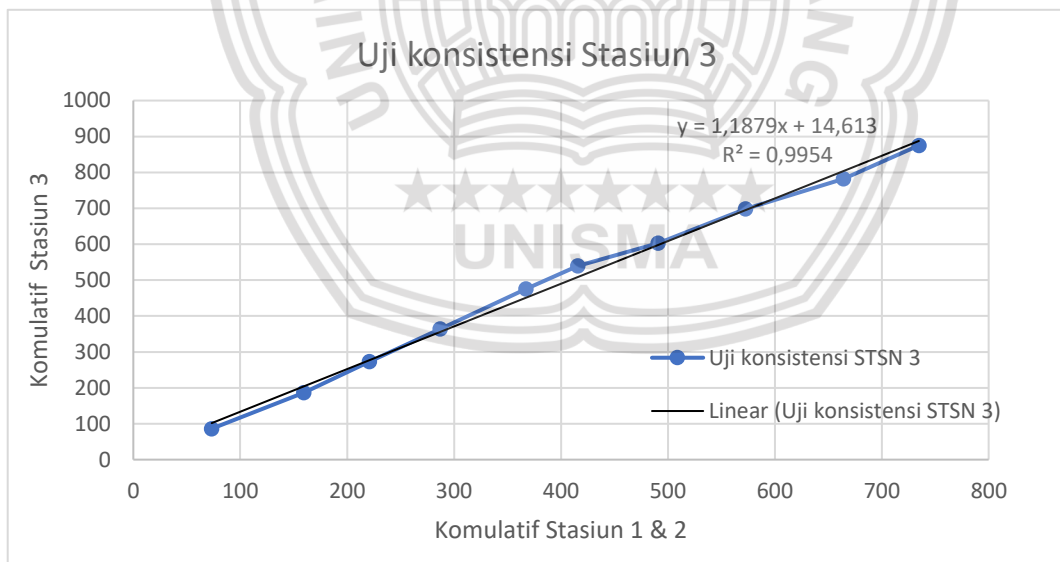
linear sehingga dapat disimpulkan bahwa data diatas sudah konsisten dan dapat diterima.

### 3. Uji konsistensi stasiun Tambakombo terhadap stasiun Ujungpangkah dan Sidayu

**Tabel 4.8** Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 3 Tambakombo

Tahun	Stsn 3 (mm)	Kumulatif Stsn 3 (mm)	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn 1 & 2 (mm)	Kumulatif Rerata (mm)
			Stsn 1 (mm)	Stsn 2 (mm)		
2012	86	86	65	81	73	73
2013	100	186	61	111	86	159
2014	87	273	45	78	61	221
2015	91	364	45	87	66	287
2016	111	475	68	93	80	367
2017	64	539	35	62	48	416
2018	64	603	55	95	75	491
2019	95	698	64	99	82	573
2020	84	782	70	113	92	664
2021	93	875	49	92	71	735
Σ		4881				3986

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.7** Grafik Uji konsistensi Stasiun 3

Keterangan :

1. Tabel 4.8 merupakan tabel curah hujan 10 tahun terakhir beserta pembandingan nilai kumulatif stasiun Tambakombo terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Sidayu



2. Gambar 4.7 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai kumulatif stasiun Tambakombo terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Sidayu, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 3 masih keluar dari garis linear yaitu titik ke lima sehingga perlu dicari faktor koreksinya.
3. Menghitung faktor koreksi

$$tg a = \frac{y}{x} = \frac{(875 - 475)}{(735 - 367)} = 1,089$$

$$tg a_0 = \frac{y_0}{x_0} = \frac{(475 - 86)}{(367 - 73)} = 1,323$$

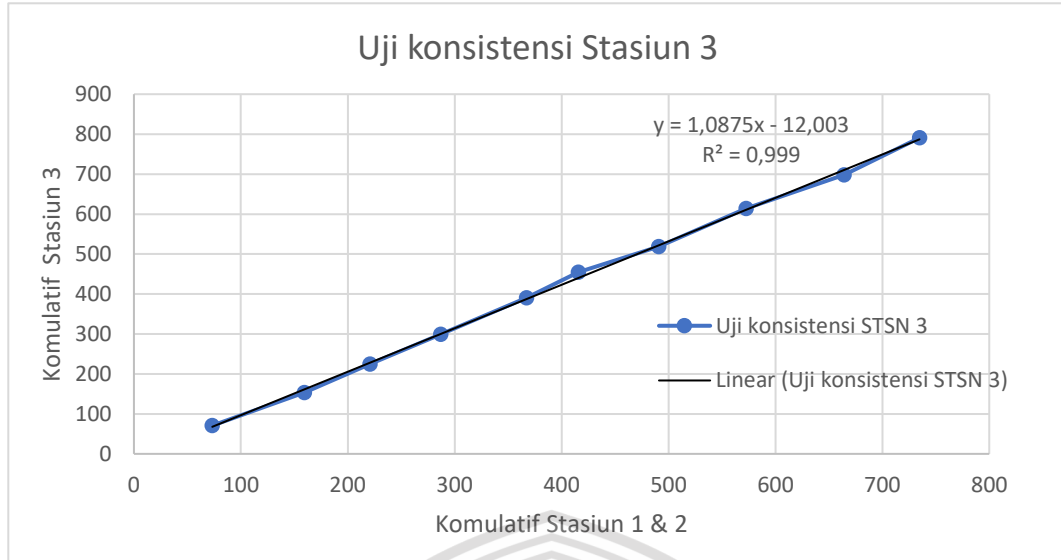
$$YZ = \frac{tg a}{tg a_0} = \frac{1,089}{1,323} = 0,823$$

Faktor koreksi diperoleh yaitu 0,823

**Tabel 4.9** Uji Konsistensi Data Pada Stasiun 3 Tambakombo (setelah dikali faktor koreksi)

Tahun	Stsn 3 (mm)	Kumulatif	Curah Hujan di Stasiun		Rerata Stsn	Kumulatif
		Stsn 3 (mm)	Stsn 1 (mm)	Stsn 2 (mm)	1 & 2 (mm)	Rerata (mm)
2012	71	71	65	81	73	73
2013	82	153	61	111	86	159
2014	72	225	45	78	61	221
2015	75	299	45	87	66	287
2016	91	391	68	93	80	367
2017	64	455	35	62	48	416
2018	64	519	55	95	75	491
2019	95	614	64	99	82	573
2020	84	698	70	113	92	664
2021	93	791	49	92	71	735
Σ		4215				3986

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



**Gambar 4.8** Grafik Uji konsistensi Stasiun 3 (setelah dikali faktor koreksi)

Keterangan :

1. Tabel 4.9 merupakan tabel sebelumnya sesudah dikalikan dengan faktor koreksi yaitu 0,823
2. Gambar 4.8 merupakan hasil grafik dari perbandingan nilai kumulatif stasiun Tambakombo terhadap stasiun Ujungpangkah dan stasiun Sidayu, dapat dilihat garis uji konsistensi stasiun 3 berbanding lurus dengan garis linear sehingga dapat disimpulkan bahwa data diatas sudah konsisten dan dapat diterima.

#### 4.1.3 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Dalam menganalisa curah hujan yang digunakan dari data yang diperoleh dari Dinas pekerjaan umum sumberdaya air provinsi Jawa Timur, maka metode yang digunakan dalam studi ini yaitu metode poligon thiessen. Metode ini dapat dipakai pada daerah datar dengan jumlah stasiun hujan yang terbatas, Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang

terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. metode poligon thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{P} = \frac{(A_1P_1)+(A_2P_2)+(A_3P_3)+\dots+(A_nP_n)}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n}$$

Berikut contoh perhitungan rata-rata poligon thiessen pada tahun 2012

$$\bar{P} = \frac{(105,43 \times 65)+(79,04 \times 81)+(39,93 \times 71)}{105,43+79,04+39,93}$$

$$\bar{P} = 71,9 \text{ mm}$$

Untuk Perhitungan lebih lengkap bisa lihat pada tabel 4.10 dibawah ini

**Tabel 4.10** Perhitungan Rata-rata Poligon Thiessen

Tahun	Stasiun 1 (mm)	Stasiun 2 (mm)	Stasiun 3 (mm)	Rata-Rata Hitung (mm)	Rata-Rata Poligon Thiessen (mm)
2012	65	81	71	72	71,9
2013	61	111	82	85	82,5
2014	45	78	72	65	61,3
2015	45	87	75	69	65,2
2016	68	93	91	84	80,8
2017	35	62	64	54	49,6
2018	55	95	64	71	70,8
2019	64	99	95	86	82,1
2020	70	113	84	89	87,8
2021	49	92	93	78	72,0

Sumber : Hasil Perhitungan excel, 2022

#### 4.1.4 Analisis Frekuensi

Analisis Frekuensi merupakan analisis mengenai pengulangan suatu kejadian untuk meramalkan atau menentukan periode ulang beserta nilai probabilitasnya. Data curah hujan stasiun Ujungpangkah, Sidayu dan Tambakombo dari tahun 2012 sampai 2021 diurutkan dari nilai yang terkecil ke nilai yang terbesar.

**Tabel 4.11** Curah Hujan Rata-rata Poligon Thiessen diurutkan dari kecil ke besar

No	Tahun	Xi (mm)
[1]	[2]	[3]
1	2017	49,6
2	2014	61,3
3	2015	65,2
4	2018	70,8
5	2012	71,9
6	2021	72,0
7	2016	80,8
8	2019	82,1
9	2013	82,5
10	2020	87,8

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Metode distribusi frekuensi yang digunakan dalam menentukan curah hujan rencana adalah metode distribusi normal, metode distribusi log normal, metode distribusi *log pearson type III*, dan metode distribusi gumbel. Persyaratan pemakaian distribusi frekuensi tersebut didasarkan pada nilai Coeficient of Skewness (CS) dan Coeficient of Kurtosis (CK), seperti persyaratan yang tercantum pada Tabel berikut:

**Tabel 4.12** Persyaratan Pemilihan Distribusi

Distribusi Frekuensi	Parameter Data Statistik	
	Koefisien Skewness (Cs)	Koefisien Kurtosis (Ck)
Normal	$\approx 0$	$\approx 3$
Gumbel	1,14	5,4
Log Pearson Type III	Bebas	Bebas

Sumber : Triadmodjo, 2008

#### 1. Perhitungan Nilai Cs dan Ck



**Tabel 4.13** Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Gumbel dan Normal

No	Tahun	Xi	(Xi- $\bar{X}$ )	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1	2017	49,6	-22,8	519,55	-11842,3	269927,5
2	2014	61,3	-11,1	122,88	-1362,1	15098,6
3	2015	65,2	-7,2	51,30	-367,4	2631,5
4	2018	70,8	-1,6	2,62	-4,2	6,9
5	2012	71,9	-0,5	0,28	-0,1	0,1
6	2021	72,0	-0,4	0,17	-0,1	0,0
7	2016	80,8	8,4	71,08	599,3	5052,9
8	2019	82,1	9,7	93,62	905,8	8763,9
9	2013	82,5	10,1	102,73	1041,2	10553,5
10	2020	87,8	15,4	235,97	3624,9	55682,8
<b>Jumlah</b>		<b>723,9</b>	<b>0,00</b>	<b>1200,19</b>	<b>-7405,05</b>	<b>367717,65</b>
<b>Rata - rata</b>		<b>72,4</b>				
<b>Si</b>		<b>11,55</b>				

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Berikut perhitungan nilai Cs dan Ck :

1. Nilai Rata Rata ( mean )

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{723,9 \text{ mm}}{10}$$

$$\bar{x} = 72,4 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi ( Si )

$$Si = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

$$Si = \sqrt{\frac{1200,19}{(10-1)}}$$

$$Si = 11,55$$

3. Koefisien Variasi ( Cv )

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$Cv = \frac{11,55}{72,4}$$

$$Cv = 0,16$$

4. Koefisien Kemencengan ( Cs )

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{10 (-7405,05)}{(10-1)(10-2)11,55^3}$$

$$Cs = -0,668$$

5. Koefisien Ketajaman ( Ck )

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

$$Ck = \frac{10^2 (367717,65)}{(10-1)(10-2)(10-3)11,55^4}$$

$$Ck = 4,10$$

**Tabel 4.14** Hasil Rekapitulasi Perhitungan Nilai Cs dan Ck

Distribusi Frekuensi	Parameter Data Statistik		Hasil Perhitungan		
	Koefisien Skewness	Koefisien Kurtosis	Koefisien Skewness	Koefisien Kurtosis	Hasil
	(Cs)	(Ck)	(Cs)	(Ck)	
Normal	≈ 0	≈ 3	-0,668	4,10	Tidak Memenuhi
Gumbel	1,14	5,4			Tidak Memenuhi
Log Person Type III	Bebas	Bebas			Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Dari parameter perhitungan distribusi diatas metode normal dan metode Gumbel tidak memenuhi syarat maka dalam studi ini Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode *Log Pearson Type III*.

2. Metode *Log Pearson Type III*

Langkah-langkah perhitungan Metode *Log Pearson Type III* sebagai berikut :

1. Mencantumkan data hujan yang diamati yaitu dari stasiun Tambakombo diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar, setelah itu diubah kebentuk logaritma
2. Menghitung Curah hujan rerata dalam bentuk rerata logaritma sesuai dengan persamaan berikut :

$$\log \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x}{n}$$

$$\log \bar{x} = \frac{18,543}{10}$$

$$\log \bar{x} = 1,854$$

3. Menghitung harga simpangan baku (Si) atau standar deviasi (dalam log x ) Sesuai dengan persamaan berikut :

$$Si = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$Si = \sqrt{\frac{0,0495}{10-1}}$$

$$Si = 0,074$$

4. Menghitung persamaan koefisien penyimpangan (Cs) sesuai dengan persamaan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot Si^3}$$

$$Cs = \frac{10 (-0,003050)}{(10-1)(10-2)(0,074)^3}$$

$$Cs = -1,038$$

Untuk perhitungan Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.15 ( dibawah ini)

**Tabel 4.15** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Log Pearson Type III

No	Tahun	Xi	Log Xi	Peluang (%)	Log Xi - Log $\bar{X}$	(Log Xi - Log $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	(Log Xi - Log $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2017	49,6	1,695	9%	-0,1588	0,0252	-0,004004	0,000636
2	2014	61,3	1,788	18%	-0,0667	0,0045	-0,000297	0,000020
3	2015	65,2	1,814	27%	-0,0398	0,0016	-0,000063	0,000003
4	2018	70,8	1,850	36%	-0,0044	0,0000	0,000000	0,000000
5	2012	71,9	1,857	45%	0,0023	0,0000	0,000000	0,000000
6	2021	72,0	1,857	55%	0,0029	0,0000	0,000000	0,000000
7	2016	80,8	1,908	64%	0,0533	0,0028	0,000151	0,000008
8	2019	82,1	1,914	73%	0,0599	0,0036	0,000215	0,000013
9	2013	82,5	1,917	82%	0,0623	0,0039	0,000242	0,000015
10	2020	87,8	1,943	91%	0,0890	0,0079	0,000705	0,000063
<b>Jumlah</b>			<b>18,543</b>		<b>0,0000</b>	<b>0,0495</b>	<b>-0,003050</b>	0,000757
<b>Log X rerata (Log <math>\bar{X}</math>)</b>			<b>1,854</b>					
<b>Si</b>			<b>0,074</b>					
<b>Cs</b>			<b>-1,038</b>					

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 5. Perhitungan Interpolasi nilai G

Berikut contoh perhitungan interpolasi untuk kala ulang 5 tahun

$$G = G_0 + \frac{(G_1 - G_0) \times ((C - C_0))}{(C_1 - C_0)}$$

$$G = 0,852 + \frac{(0,848 - 0,852) \times ((-1,038) - (-1,000))}{(-1,100) - (-1,000)}$$

$$G = 0,850$$

Untuk perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini

**Tabel 4.16** Interpolasi Mencari Nilai G

Cs	1,0101	1,053	1,1111	1,25		2		5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	75	PERSENTASE			10	4	2	1	0,5
						50	25	20					
-1,000	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	-0,604	0,164	0,737	0,852	1,108	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,038	-3,047	-1,883	-1,340	-0,753	-0,599	0,170	0,737	0,850	1,108	1,350	1,470	1,561	1,633
-1,100	-3,087	-1,894	-1,341	-0,745	-0,591	0,180	0,737	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 6. Menghitung nilai ekstrim atau curah hujan rancangan berdasarkan

kala ulang yang telah ditentukan

Untuk  $T=5$  dan  $C_s = -1,038$ , didapatkan nilai  $G = 0,850$  (lihat pada tabel 4.16)

$$\log x_t = \log \bar{x} + (G.S)$$

$$\log x_t = 1,854 + ((0,850)(0,074))$$

$$\log x_t = 1,917$$

$$x_t = 82,67 \text{ mm}$$

**Tabel 4.17** Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III

No	Kala ulang (tahun)	Pr (%)	Log $\bar{X}$	$C_s$	G	Si	Log $X_t$	$X_t$ (mm)
1	2	50	1,854	-1,038	0,170	0,074	1,867	73,60
2	5	25	1,854	-1,038	0,850	0,074	1,917	82,67
3	10	10	1,854	-1,038	1,108	0,074	1,936	86,38
4	25	4	1,854	-1,038	1,350	0,074	1,954	90,03
5	50	2	1,854	-1,038	1,470	0,074	1,963	91,90

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 4.1.5 Uji Distribusi Frekuensi

##### 1. Uji Smirnov Kolmogorof

Uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak.

Langkah – Langkah perhitungan Uji Smirnov kolomogrof sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor urut data mulai dari data yang terkecil sampai data yang terbesar dengan persamaan :

$$Pe = \frac{M}{n+1} \times 100\%$$

$$Pe = \frac{1}{10+1} \times 100\%$$

$$Pe = 0,091$$

2. Menghitung Log X nilai hujan rata- rata :



$$\log x = \log(49,6)$$

$$\log x = 1,695$$

3. Menghitung nilai G dengan persamaan :

$$G = \frac{\log x - \log \bar{x}}{s_i}$$

$$G = \frac{1,695 - 1,854}{0,074}$$

$$G = -2,141$$

Untuk perhitungan Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini

**Tabel 4.18** Uji Simpangan Horizontal ( Smirnov- kolmogrof)

No	Tahun	X	Pe (X)	Log X	G	Pr %	Pt (X)	Pe (X) - Pt (X)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2017	49,6	0,091	1,695	-2,141	97,367	0,026	0,065
2	2014	61,3	0,182	1,788	-0,900	85,943	0,141	0,041
3	2015	65,2	0,273	1,814	-0,537	72,968	0,270	-0,002
4	2018	70,8	0,364	1,850	-0,059	57,446	0,426	0,062
5	2012	71,9	0,455	1,857	0,030	54,539	0,455	0,000
6	2021	72,0	0,545	1,857	0,039	54,244	0,458	-0,088
7	2016	80,8	0,636	1,908	0,718	25,830	0,742	0,105
8	2019	82,1	0,727	1,914	0,808	21,886	0,781	0,054
9	2013	82,5	0,818	1,917	0,840	20,443	0,796	0,023
10	2020	87,8	0,909	1,943	1,200	4,595	0,954	-0,045
<b>Jumlah</b>				<b>18,543</b>			<b>Δ maks</b>	<b>0,105</b>
<b>Log X rata - rata (Log <math>\bar{X}</math>)</b>				<b>1,854</b>				
<b>Simpangan Baku (Si)</b>				<b>0,074</b>				
<b>Koefisien Kepencengan (Cs)</b>				<b>-1,038</b>				

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil  $\Delta$  maks = 0,105,

untuk  $\alpha = 5 \%$ , berdasarkan tabel 2.8 didapatkan nilai  $\Delta$  kritis = 0,409. Jadi

$\Delta$  maks <  $\Delta$  kritis maka distribusi dapat diterima.

## 2. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dipakai untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih telah dapat mewakili distribusi statistik sampel data dan analisa.

Langkah – Langkah Perhitungan uji Chi-Kuadrat yaitu sebagai berikut :

1. Urutkan data curah hujan hasil pengamatan dari yang terkecil hingga data yang terbesar (lihat pada tabel 4.11)

2. Menentukan jumlah kelas : K

$$K = 1 + 3,22 \log n$$

$$K = 1 + 3,22 \log 10$$

$$K = 4,22 \sim 4$$

3. Menentukan Interval Kelas

$$\frac{100\%}{K} = \frac{100\%}{4} = 25\%$$

4. Menghitung Log xt

Untuk Pr = 75% dan Cs = -1,038, didapatkan nilai G = 0,599 (lihat pada tabel 4.16)

$$\log xt = \log \bar{x} + (G.S)$$

$$\log xt = 1,854 + ((-0,599)(0,074))$$

$$\log xt = 1,810$$

$$xt = 64,54 \text{ mm}$$

**Tabel 4.19** Uji Simpangan Vertikal ( Chi-Kuadrat ) parameter persentase

No	Pr	Log $\bar{X}$	Cs	G	Si	Log Xt	Xt (mm)
1	75	1,854	-1,038	-0,599	0,074	1,810	64,54
2	50	1,854	-1,038	0,170	0,074	1,867	73,60
3	25	1,854	-1,038	0,737	0,074	1,909	81,08

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

5. Menghitung nilai Frekuensi teoritis

$$f_t = 25\% \cdot n$$

$$f_t = 25\% \times 10$$

$$f_t = 2,5$$

6. Menghitung  $\chi^2$  dari persamaan :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_o - F_t)^2}{F_t}$$

$$\chi^2 = 2,00$$

$$dk = k - (\alpha + 1)$$

$$dk = 4 - (2 + 1)$$

$$dk = 1$$

**Tabel 4.20** Uji Simpangan Vertikal ( Chi-Kuadrat)

No	Batas Kelas	Jumlah Data		O <sub>r</sub> -E <sub>r</sub>	(O <sub>r</sub> -E <sub>r</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>r</sub>
		O <sub>r</sub>	E <sub>r</sub>		
1	0 - 64,54	2	2,5	-0,5	0,10
2	64,54 - 73,60	4	2,5	1,5	0,90
3	73,60 - 81,08	1	2,5	-1,5	0,90
4	81,08 - ~	3	2,5	0,5	0,10
<b>Jumlah</b>		10	10		2,00

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Dari Tabel 2.20 nilai kritis untuk distribusi Chi-kuadrat didapatkan  $\chi^2_{cr} = 3,841$  untuk  $dk = 1$  dan  $\alpha = 5\%$ .

$$\chi^2_{hitung} = 2,00$$

jadi  $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{cr}$ , maka memenuhi Uji Chi-Square

#### 4.2 Perhitungan Debit Rencana ( Q<sub>r</sub> )

Untuk perhitungan debit rencana saluran drainase yaitu berasal dari perhitungan debit air hujan dan debit air kotor pada lokasi studi

#### 4.2.1 Perhitungan Debit Limpasan Air hujan ( Qah )

Untuk Perhitungan debit limpasan air hujan harus mengetahui tataguna lahan pada lokasi penelitian sehingga dapat menentukan nilai koefisien pengalirah pada lokasi studi.

Untuk mengetahui debit limpasan air hujan dapat menggunakan cara rasional dengan rumus sebagai berikut :  $Qah = 0,278 \times C \times I \times A$

##### 1. Luas Daerah Pengaliran (A)

Untuk luas daerah pengaliran dapat dilihat pada tabel 4.21 dibawah ini.

**Tabel 4.21** Luas Daerah Pengaliran (A) Di Perumahan Gresik Kota Raya

No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Luas Daerah Pengaliran (A)	Luas Total
							km2	km2
1	JL. PESONA 1	A	36/72	atap	A1	94	0,00069	0,001373
				halaman			0,00035	
				Paving			0,00033	
2	JL. PESONA 1	B	36/72	atap	B1	82	0,00069	0,001383
				halaman			0,00032	
				Paving			0,00037	
3	JL. PESONA 1	C	36/72	atap	C1	94	0,00069	0,001504
				halaman			0,00038	
				Paving			0,00043	
4	JL. PESONA 3	C	30/60	atap	C2	99	0,00073	0,001592
				halaman			0,00040	
				Paving			0,00046	
5	JL. PESONA 1	D	36/72	atap	D1	82	0,00069	0,001383
				halaman			0,00032	
				Paving			0,00037	
6	JL. PESONA 3	D	30/60	atap	D2	82	0,00069	0,001385
				halaman			0,00032	
				Paving			0,00038	
7	JL. PESONA 2	E	30/60	atap	E1	51	0,00043	0,001167
				halaman			0,00026	
				Paving			0,00048	
8	JL. PESONA 4	E	30/60	atap	E2	51	0,00043	0,000984
				halaman			0,00026	
				Paving			0,00029	
9	JL. PESONA 3	F	30/60	atap	F1	104	0,00077	0,001645

No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengairan (A)	Luas Total
				halaman		(m)	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
10	JL. PESONA 5		30/60	atap	F2	104	0,00041	0,001666
				halaman			0,00046	
				Paving			0,00077	
11	JL. PESONA 3	G	30/60	atap	G1	82	0,00069	0,001419
				halaman			0,00035	
				Paving			0,00038	
12	JL. PESONA 5		30/60	atap	G2	82	0,00069	0,001417
				halaman			0,00035	
				Paving			0,00037	
13	JL. PESONA 4	H	30/60	atap	H1	51	0,00043	0,000940
				halaman			0,00022	
				Paving			0,00029	
14	JL. PESONA 6		30/60	atap	H2	51	0,00043	0,000940
				halaman			0,00022	
				Paving			0,00029	
15	JL. PESONA 5	I	30/60	atap	I1	109	0,00082	0,001711
				halaman			0,00041	
				Paving			0,00048	
16	JL. PESONA 7		30/60	atap	I2	109	0,00082	0,001756
				halaman			0,00041	
				Paving			0,00053	
17	JL. PESONA 5	J	30/60	atap	J1	82	0,00069	0,001383
				halaman			0,00032	
				Paving			0,00037	
18	JL. PESONA 7		30/60	atap	J2	82	0,00069	0,001382
				halaman			0,00032	
				Paving			0,00037	
19	JL. PESONA 6	K	30/60	atap	K1	51	0,00043	0,000937
				halaman			0,00021	
				Paving			0,00029	
20	JL. PESONA 8		30/60	atap	K2	51	0,00043	0,000973
				halaman			0,00021	
				Paving			0,00033	
21	JL. PESONA 7	L	30/60	atap	L1	26	0,00029	0,000556
				halaman			0,00009	
				Paving			0,00017	
22	JL. PESONA 7	L	30/60	atap	L2	46	0,00029	0,001253
				halaman			0,00012	
				Paving			0,00027	
				Taman			0,00057	



No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengaliran (A)	Luas Total
						(m)	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
23	JL. PESONA 7	M	30/60	atap	M1	255	0,00219	0,004241
				halaman			0,00094	
				Paving			0,00111	
24	JL. PESONA 8	N	30/60	atap	N1	61	0,00052	0,000947
				halaman			0,00021	
				Paving			0,00021	
25	JL. PESONA 9	O	36/72	atap	O1	51	0,00028	0,000791
				halaman			0,00014	
				Paving			0,00038	
26	JL. PESONA 9	O	36/72	atap	O2	46	0,00028	0,001327
				halaman			0,00018	
				Paving			0,00044	
				Taman			0,00042	
27	JL. PESONA RAYA			atap	SK1	138	0,00310	0,006645
				halaman			0,00079	
				Paving			0,00275	
28	JL. PESONA RAYA			atap	SK2	137	0,00640	0,014439
				halaman			0,00311	
				Paving			0,00445	
				Taman			0,00047	
29	JL. PESONA RAYA			atap	PR	251	0,00982	0,023914
				halaman			0,00406	
				Paving			0,00932	
				Taman			0,00050	

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

## 2. Koefisien Pengaliran ( C )

Koefisien pengaliran berfungsi untuk menentukan besarnya limpasan permukaan yang berdasarkan oleh kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di lokasi studi. Koefisien pengaliran tergantung pada kondisi fisik di lapangan untuk menentukan nilai koefisien pengaliran ( C ) dengan berbagai kondisi permukaan dapat dihitung dengan rumus Berikut :

$$C = \frac{C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A}$$

Diketahui:

Nilai C atap = 0,85 (lihat pada tabel 2.11)

Nilai C halaman = 0,15 (lihat pada tabel 2.11)

Nilai C paving = 0,70 (lihat pada tabel 2.11)

Nilai C Taman = 0,35 (lihat pada tabel 2.11)

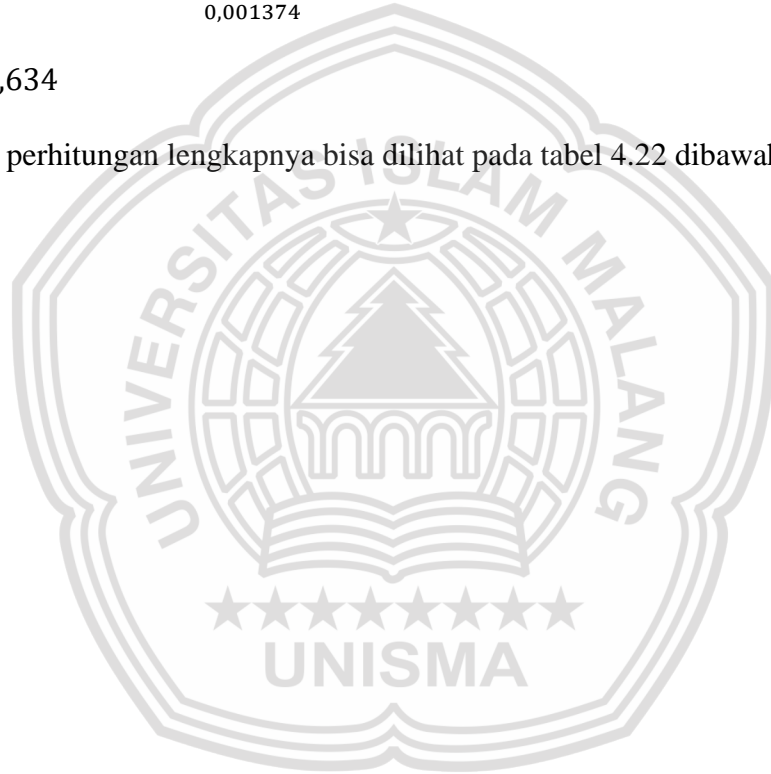
Berikut Contoh perhitungan Pada saluran  $A_1$  :

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$C = \frac{(0,85 \times 0,00069) + (0,15 \times 0,00035) + (0,70 \times 0,00033)}{0,001374}$$

$$C = 0,634$$

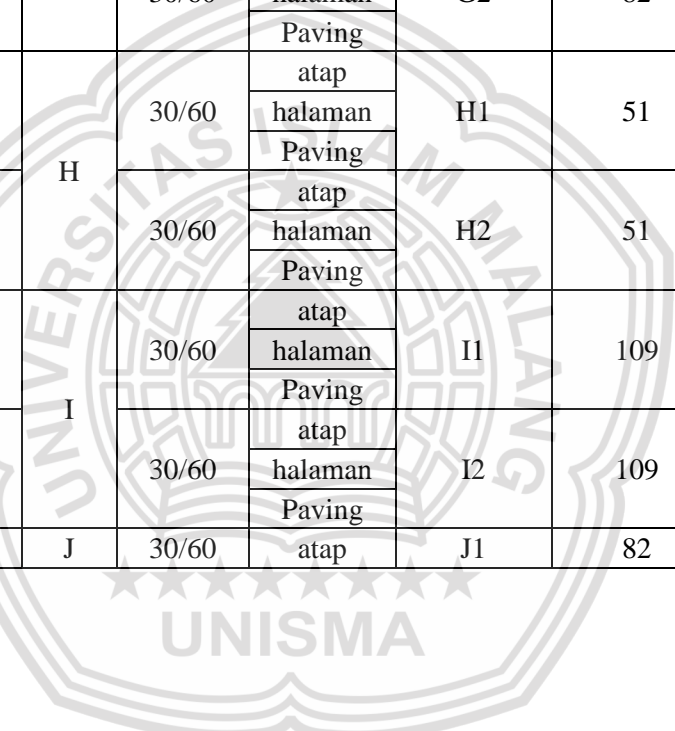
Untuk perhitungan lengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.22 dibawah ini :



**Tabel 4.22 Koefisien Limpasan ( C )**

No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengairan (A)	Luas Total	Nilai C	Koefisien limpasan
						(m)	km2	km2		C
1	JL. PESONA 1	A	36/72	Atap	A1	94	0,00069	0,001373	0,85	0,634
				halaman			0,00035		0,15	
				Paving			0,00033		0,70	
2	JL. PESONA 1	B	36/72	atap	B1	82	0,00069	0,001383	0,85	0,648
				halaman			0,00032		0,15	
				Paving			0,00037		0,70	
3	JL. PESONA 1	C	36/72	atap	C1	94	0,00069	0,001504	0,85	0,629
				halaman			0,00038		0,15	
				Paving			0,00043		0,70	
4	JL. PESONA 3		30/60	atap	C2	99	0,00073	0,001592	0,85	0,631
				halaman			0,00040		0,15	
				Paving			0,00046		0,70	
5	JL. PESONA 1	D	36/72	atap	D1	82	0,00069	0,001383	0,85	0,648
				halaman			0,00032		0,15	
				Paving			0,00037		0,70	
6	JL. PESONA 3		30/60	atap	D2	82	0,00069	0,001385	0,85	0,648
				halaman			0,00032		0,15	
				Paving			0,00038		0,70	
7	JL. PESONA 2	E	30/60	atap	E1	51	0,00043	0,001167	0,85	0,633
				halaman			0,00026		0,15	
				Paving			0,00048		0,70	
8	JL. PESONA 4		30/60	atap	E2	51	0,00043	0,000984	0,85	0,620
				halaman			0,00026		0,15	
				Paving			0,00029		0,70	

No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengairan (A)	Luas Total	Nilai C	Koefisien limpasan
						(m)	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>		C
9	JL. PESONA 3	F	30/60	atap	F1	104	0,00077	0,001645	0,85	0,632
				halaman			0,00041		0,15	
				Paving			0,00046		0,70	
10	JL. PESONA 5		30/60	atap	F2	104	0,00077	0,001666	0,85	0,633
				halaman			0,00041		0,15	
				Paving			0,00048		0,70	
11	JL. PESONA 3	G	30/60	atap	G1	82	0,00069	0,001419	0,85	0,636
				halaman			0,00035		0,15	
				Paving			0,00038		0,70	
12	JL. PESONA 5		30/60	atap	G2	82	0,00069	0,001417	0,85	0,636
				halaman			0,00035		0,15	
				Paving			0,00037		0,70	
13	JL. PESONA 4	H	30/60	atap	H1	51	0,00043	0,000940	0,85	0,642
				halaman			0,00022		0,15	
				Paving			0,00029		0,70	
14	JL. PESONA 6		30/60	atap	H2	51	0,00043	0,000940	0,85	0,642
				halaman			0,00022		0,15	
				Paving			0,00029		0,70	
15	JL. PESONA 5	I	30/60	atap	I1	109	0,00082	0,001711	0,85	0,641
				halaman			0,00041		0,15	
				Paving			0,00048		0,70	
16	JL. PESONA 7		30/60	atap	I2	109	0,00082	0,001756	0,85	0,643
				halaman			0,00041		0,15	
				Paving			0,00053		0,70	
17	JL. PESONA 5	J	30/60	atap	J1	82	0,00069	0,001383	0,85	0,648

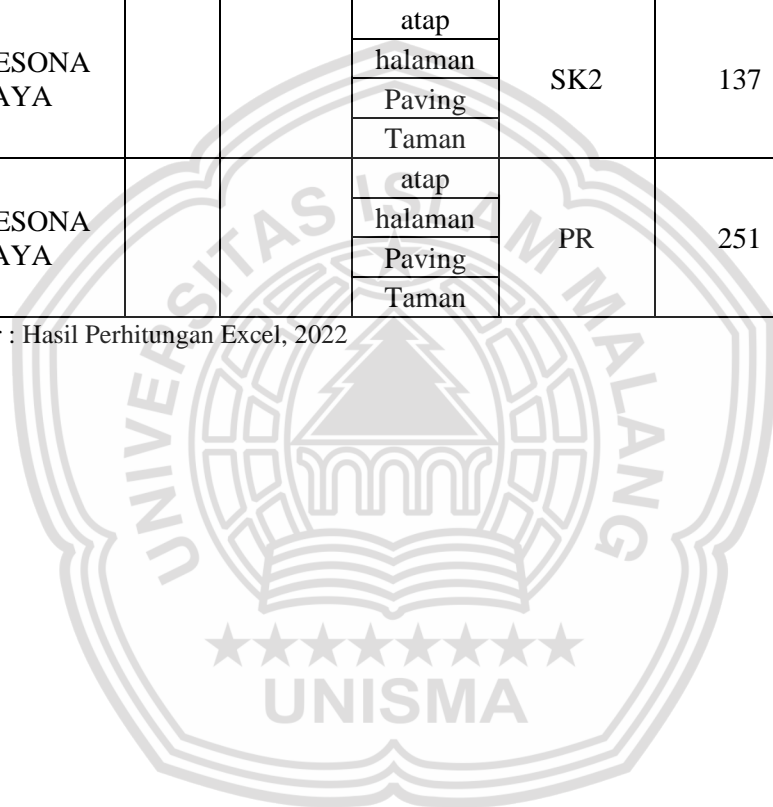


No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengairan (A)	Luas Total	Nilai C	Koefisien limpasan
				halaman		(m)	km2	km2	C	
18	JL. PESONA 7	30/60	atap	J2	82	0,00032	0,001382	0,15	0,648	
			halaman			0,00037		0,70		
			Paving							
19	JL. PESONA 6	30/60	atap	K1	51	0,00043	0,000937	0,85	0,644	
			halaman			0,00021		0,15		
			Paving			0,00029		0,70		
20	JL. PESONA 8	30/60	atap	K2	51	0,00043	0,000973	0,85	0,646	
			halaman			0,00021		0,15		
			Paving			0,00033		0,70		
21	JL. PESONA 7	L	atap	L1	26	0,00029	0,000556	0,85	0,686	
			halaman			0,00009		0,15		
			Paving			0,00017		0,70		
22	JL. PESONA 7	L	atap	L2	46	0,00029	0,001253	0,85	0,523	
			halaman			0,00012		0,15		
			Paving			0,00027		0,70		
			Taman			0,00057		0,35		
23	JL. PESONA 7	M	atap	M1	255	0,00219	0,004241	0,85	0,656	
			halaman			0,00094		0,15		
			Paving			0,00111		0,70		
24	JL. PESONA 8	N	atap	N1	61	0,00052	0,000947	0,85	0,659	
			halaman			0,00021		0,15		
			Paving			0,00021		0,70		
25	JL. PESONA 9	O	36/72	atap	O1	51	0,00028	0,000791	0,85	0,656



No.	Nama Jalan	Blok	Type Rumah	Tipe lahan	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah Pengairan (A)	Luas Total	Nilai C	Koefisien limpasan
						(m)	km2	km2		C
26			36/72	atap	O2	46	0,00028	0,001327	0,85	0,544
				halaman			0,00018		0,15	
				Paving			0,00044		0,70	
				Taman			0,00042		0,35	
27	JL. PESONA RAYA			atap	SK1	138	0,00310	0,006645	0,85	0,704
				halaman			0,00079		0,15	
				Paving			0,00275		0,70	
28	JL. PESONA RAYA			atap	SK2	137	0,00640	0,014439	0,85	0,636
				halaman			0,00311		0,15	
				Paving			0,00445		0,70	
				Taman			0,00047		0,35	
29	JL. PESONA RAYA			atap	PR	251	0,01654	0,037980	0,85	0,638
				halaman			0,00813		0,15	
				Paving			0,01231		0,70	
				Taman			0,00100		0,35	

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022



### 3. Intensitas Curah Hujan ( I )

Pada perhitungan intensitas curah hujan menggunakan rumus persamaan monobe, dengan mencari panjang saluran (L) dan nilai kemiringan saluran ( S ):

Berikut contoh perhitungan intensitas curah hujan Pada Titik A

Diketahui :

$$\text{Panjang saluran ( L )} = 94 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan Saluran ( S )} = 0,004$$

Perhitungan Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) dengan persamaan berikut :

$$t_c = \left( \frac{0,0195}{60} \right) x \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

$$t_c = \left( \frac{0,0195}{60} \right) x \left( \frac{94}{\sqrt{0,004}} \right)^{0,77}$$

$$t_c = 0,2549 \text{ menit}$$

Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \left( \frac{R_{24}}{24} \right) \left( \frac{24}{t_c} \right)$$

$$I = \left( \frac{82,67}{24} \right) \left( \frac{24}{0,2549} \right)$$

$$I = 71,290 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan Intensitas Curah Hujan selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.23 dibawah.

**Tabel 4.23** Perhitungan Intensitas Curah Hujan

No.	Kode Saluran	R24	Panjang Saluran	Luas Daerah pengaliran A	Kemiringan Saluran	Waktu konsentrasi	Intensitas Hujan (I)
		(mm)	(m)	Km <sup>2</sup>	(S)	(tc) (jam)	(mm/jam)
1	A1	82,67	94	0,00137	0,0040	0,2549	71,290
2	B1	82,67	82	0,00138	0,0040	0,2222	78,118
3	C1	82,67	94	0,00150	0,0040	0,2549	71,290
4	C2	82,67	99	0,00159	0,0040	0,2688	68,813
5	D1	82,67	82	0,00138	0,0040	0,2222	78,118
6	D2	82,67	82	0,00139	0,0040	0,2222	78,118
7	E1	82,67	51	0,00117	0,0040	0,1394	106,586
8	E2	82,67	51	0,00098	0,0040	0,1394	106,586
9	F1	82,67	104	0,00164	0,0040	0,2824	66,583
10	F2	82,67	104	0,00167	0,0040	0,2824	66,583
11	G1	82,67	82	0,00142	0,0040	0,2222	78,118
12	G2	82,67	82	0,00142	0,0040	0,2222	78,118
13	H1	82,67	51	0,00094	0,0040	0,1394	106,586
14	H2	82,67	51	0,00094	0,0040	0,1394	106,586
15	I1	82,67	109	0,00171	0,0040	0,2960	64,525
16	I2	82,67	109	0,00176	0,0040	0,2960	64,525
17	J1	82,67	82	0,00138	0,0040	0,2222	78,118
18	J2	82,67	82	0,00138	0,0040	0,2222	78,118
19	K1	82,67	51	0,00094	0,0040	0,1397	106,447
20	K2	82,67	51	0,00097	0,0040	0,1397	106,447
21	L1	82,67	26	0,00056	0,0040	0,0711	167,027
22	L2	82,67	46	0,00125	0,0040	0,1261	113,979
23	M1	82,67	255	0,00424	0,0040	0,6944	36,547
24	N1	82,67	61	0,00095	0,0040	0,1667	94,634
25	O1	82,67	51	0,00079	0,0040	0,1397	106,447
26	O2	82,67	46	0,00133	0,0040	0,1239	115,311
27	SK1	82,67	138	0,00664	0,0070	0,3023	63,626
28	SK2	82,67	137	0,01444	0,0070	0,3017	63,719
29	PR	82,67	251	0,03798	0,0040	0,6838	36,925

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 4. Debit Limpasan Air hujan ( $Q_{ah}$ )

Perhitungan debit limpasan air hujan pada penelitian ini menggunakan metode rasional dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{ah} = 0,278 \times C \times I \times A$$

Berikut contoh perhitungan Debit air hujan pada titik A

Diketahui :

Koefisien Limpasan ( C ) : 0,634

Luas Daerah Pengaliran ( A ) : 0,00137 Km<sup>2</sup>

Intensitas Curah Hujan ( I ) : 71,290 mm/jam

Penyelesaian :

$$Q_{ah} = 0,278 \times 0,634 \times 71,290 \times 0,00137$$

$$Q_{ah} = 0,0173 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Hasil perhitungan Debit Limpasan Air Hujan selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.24 dibawah.



**Tabel 4.24** Perhitungan debit limpasan air hujan

No.	Kode Saluran	Panjang Saluran	Luas Daerah pengaliran A	Koefisien limpasan	Intensitas Hujan (I)	Debit Limpasan hujan
		(m)	Km <sup>2</sup>	C	(mm/jam)	(Q <sub>ah</sub> ) (m <sup>3</sup> /detik)
1	A1	94	0,00137	0,634	71,290	0,0173
2	B1	82	0,00138	0,648	78,118	0,0195
3	C1	94	0,00150	0,629	71,290	0,0187
4	C2	99	0,00159	0,631	68,813	0,0192
5	D1	82	0,00138	0,648	78,118	0,0195
6	D2	82	0,00139	0,648	78,118	0,0195
7	E1	51	0,00117	0,633	106,586	0,0219
8	E2	51	0,00098	0,620	106,586	0,0181
9	F1	104	0,00164	0,632	66,583	0,0193
10	F2	104	0,00167	0,633	66,583	0,0195
11	G1	82	0,00142	0,636	78,118	0,0196
12	G2	82	0,00142	0,636	78,118	0,0196
13	H1	51	0,00094	0,642	106,586	0,0179
14	H2	51	0,00094	0,642	106,586	0,0179
15	I1	109	0,00171	0,641	64,525	0,0197
16	I2	109	0,00176	0,643	64,525	0,0202
17	J1	82	0,00138	0,648	78,118	0,0195
18	J2	82	0,00138	0,648	78,118	0,0195
19	K1	51	0,00094	0,644	106,447	0,0179
20	K2	51	0,00097	0,646	106,447	0,0186
21	L1	26	0,00056	0,686	167,027	0,0177
22	L2	46	0,00125	0,523	113,979	0,0208
23	M1	255	0,00424	0,656	36,547	0,0283
24	N1	61	0,00095	0,659	94,634	0,0164
25	O1	51	0,00079	0,656	106,447	0,0154
26	O2	46	0,00133	0,544	115,311	0,0231
27	SK1	138	0,00664	0,704	63,626	0,0828
28	SK2	137	0,01444	0,636	63,719	0,1628
29	PR	251	0,02301	0,655	36,925	0,2489

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 4.2.2 Perhitungan Debit Air Buangan ( Q<sub>ab</sub> )

Untuk menentukan besarnya debit air buangan pada setiap saluran, diasumsikan besarnya air buangan yang mengalir ke saluran sebesar 80% dari standar kebutuhan air rata-rata, dan untuk nilai kebutuhan air rata-rata berdasarkan tabel 2.13 yaitu sebesar 150lt/hari/orang. Berikut perhitungan besar debit air buangan pada perumahan Gresik Kota Raya



1. Menghitung jumlah penduduk pada perumahan Gresik Kota Raya

$$\text{Type } 30/60 = 4 \text{ Orang} \times 302 \text{ unit} = 1208 \text{ Orang}$$

$$\text{Type } 36/72 = 4 \text{ Orang} \times 62 \text{ unit} = 248 \text{ Orang}$$

$$\text{Total Penduduk} = 1208 + 248$$

$$= 1456 \text{ orang}$$

2. Menghitung jumlah air buangan maksimum (  $q_m$  )

$$q_m = \text{kebutuhan air} \times \text{factor pengaliran air buangan}$$

$$= 150 \times 80\%$$

$$= 120 \text{ lt/hari/orang}$$

3. Mencari total air buangan rata-rata pada hari maksimum ( $q_r$ )

$$q_r = \frac{q_m / 86400}{1000}$$

$$q_r = \frac{120 / 86400}{1000}$$

$$q_r = 0,0000014 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

4. Mencari debit buangan maksimum ( $Q_{\text{peak}}$ )

$$P = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{q_r}}$$

$$P = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{0,0000014}}$$

$$P = 2122,820 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{\text{Peak}} = P \times q_r$$

$$Q_{\text{Peak}} = 2122,820 \times 0,0000014$$

$$Q_{\text{Peak}} = 0,003 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{\text{Peak}} \text{ per orang} = \frac{Q_{\text{Peak}}}{\text{Jumlah Penduduk}}$$

$$Q_{\text{Peak}} \text{ per orang} = \frac{0,003}{1456}$$

$$Q_{Peak} \text{ per orang} = 0,000002 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

5. Perhitungan jumlah air buangan tiap blok

Berikut contoh perhitungan air buangan penduduk pada blok A

$$\text{Debit air buangan} = Q_{peak} \times \text{jumlah penduduk blok A}$$

$$\text{Debit air buangan} = 0,000002 \times 52$$

$$\text{Debit air buangan} = 0,000105 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk perhitungan selengkapnya debit buangan pada tiap saluran bias dilihat pada tabel 4.25 dibawah ini:



**Tabel 4.25** Perhitungan debit air buangan ( $Q_{ab}$ )

No.	Blok	Type Rumah	Jumlah Rumah	Kode Saluran	Jumlah Penghuni	Debit air buangan
						( $Q_{ab}$ ) ( $m^3/detik$ )
1	A	36/72	13	A2	52	0,000105
2	B	36/72	13	B1	52	0,000105
3	C	36/72	13	C1	52	0,000105
4		30/60	17	C2	68	0,000138
5	D	36/72	13	D1	52	0,000105
6		30/60	16	D2	64	0,000130
7	E	30/60	10	E1	40	0,000081
8		30/60	10	E2	40	0,000081
9	F	30/60	18	F1	72	0,000146
10		30/60	18	F2	72	0,000146
11	G	30/60	16	G1	64	0,000130
12		30/60	16	G2	64	0,000130
13	H	30/60	10	H1	40	0,000081
14		30/60	10	H2	40	0,000081
15	I	30/60	19	I1	76	0,000154
16		30/60	19	I2	76	0,000154
17	J	30/60	16	J1	64	0,000130
18		30/60	16	J2	64	0,000130
19	K	30/60	10	K1	40	0,000081
20		30/60	10	K2	40	0,000081
21	L	30/60	4	L1	16	0,000032
22		30/60	5	L2	20	0,000040
23	M	30/60	50	M1	200	0,000405
24	N	30/60	12	N1	48	0,000097
25	O	36/72	5	O1	20	0,000040
26		36/72	5	O2	20	0,000040
27				SK1	288	0,000583
28				SK2	1152	0,002333
29				PR	1456	0,002948

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 4.2.3 Perhitungan Debit Rancangan Tiap Saluran ( $Q_r$ )

Perhitungan debit rancangan didapatkan dari penjumlahan antara debit limpasan air hujan dengan debit air buangan.

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ab}$$

Berikut contoh perhitungan debit rancangan pada saluran A1

Diketahui :

$$\text{Debit Limpasan Air Hujan ( } Q_{ah} \text{ )} = 0,0173 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Debit Air Buangan ( } Q_{ab} \text{ )} = 0,000105 \text{ m}^3/\text{detik}$$

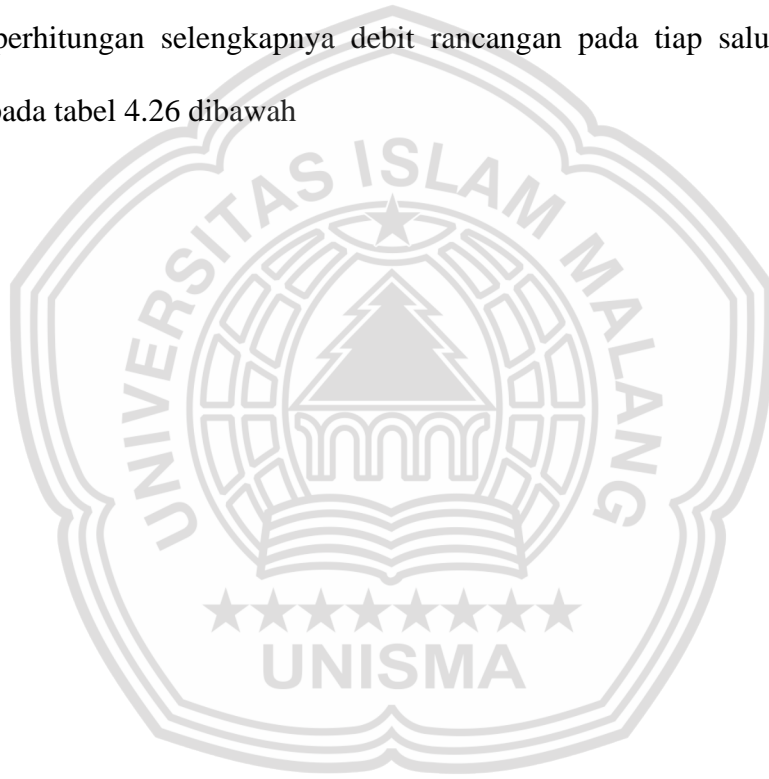
Maka besarnya debit rancangan pada saluran A yaitu :

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ab}$$

$$Q_r = 0,0173 + 0,000105$$

$$Q_r = 0,0174 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk perhitungan selengkapnya debit rancangan pada tiap saluran bisa dilihat pada tabel 4.26 dibawah



**Tabel 4.26** Perhitungan debit rancangan ( $Q_R$ ) Pada tiap saluran

Kode Saluran	Debit Limpasan hujan	Debit air buangan	Debit Rancangan
	( $Q_{ah}$ ) ( $m^3/detik$ )	( $Q_{ab}$ ) ( $m^3/detik$ )	( $Q_R$ ) ( $m^3/detik$ )
A1	0,0173	0,000105	0,0174
B1	0,0195	0,000105	0,0196
C1	0,0187	0,000105	0,0189
C2	0,0192	0,000138	0,0193
D1	0,0195	0,000105	0,0196
D2	0,0195	0,000130	0,0196
E1	0,0219	0,000081	0,0220
E2	0,0181	0,000081	0,0182
F1	0,0193	0,000146	0,0194
F2	0,0195	0,000146	0,0197
G1	0,0196	0,000130	0,0197
G2	0,0196	0,000130	0,0197
H1	0,0179	0,000081	0,0180
H2	0,0179	0,000081	0,0180
I1	0,0197	0,000154	0,0198
I2	0,0202	0,000154	0,0204
J1	0,0195	0,000130	0,0196
J2	0,0195	0,000130	0,0196
K1	0,0179	0,000081	0,0179
K2	0,0186	0,000081	0,0187
L1	0,0177	0,000032	0,0177
L2	0,0208	0,000040	0,0208
M1	0,0283	0,000405	0,0287
N1	0,0164	0,000097	0,0165
O1	0,0154	0,000040	0,0154
O2	0,0231	0,000040	0,0232
SK1	0,0828	0,000583	0,0833
SK2	0,1628	0,002333	0,1651
PR	0,2489	0,002948	0,2519

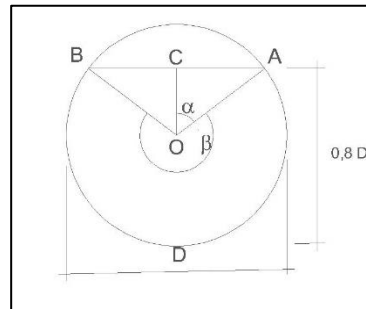
Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

### 4.3 Perencanaan Saluran Drainase

Kawasan perumahan Gresik Kota Raya menggunakan saluran bentuk penampang lingkaran, dengan nilai  $n = 0,013$  (saluran beton gorong gorong),



kemiringan saluran (S) pada saluran M1 = 0,004 dan direncanakan air akan memenuhi saluran setinggi 0,8 . Untuk perhitungannya sebagai berikut:



**Gambar 4.9** Perencanaan Diameter Saluran Drainase Tersier dan sekunder  
Sumber: Pengolahan Autocad ,2022

Diketahui :

$$n = 0,013$$

$$OA = OB = 0,5D$$

$$OC = 0,3D$$

$$CA = CB = \sqrt{OA^2 - OC^2}$$

$$CA = CB = \sqrt{0,5D^2 - 0,3D^2}$$

$$CA = CB = 0,4D$$

$$AB = 2 \times CA$$

$$AB = 2 \times 0,4$$

$$AB = 0,8$$

$$\cos a = OC/OA$$

$$\cos a = \frac{0,3}{0,5} = 0,6$$

$$a = \cos^{-1} a$$

$$a = \cos^{-1} 0,6$$

$$a = 53,13^\circ$$

1. Mencari Nilai (A)

$$A = \text{luas ABCD} = \text{luas OADB} + \text{luas AOB}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times AB \times OC$$

$$A = \frac{1}{4} 3,14 D^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,3$$

$$A = 0,673 D^2$$

2. Mencari nilai (P)

$$P = \text{Busur AOC}$$

$$P = \pi D \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 3,14 D \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 2,213 D$$

3. Mencari nilai (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,673 D^2}{2,213 D}$$

$$R = 0,304 D$$

4. Menghitung diameter saluran (D)

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

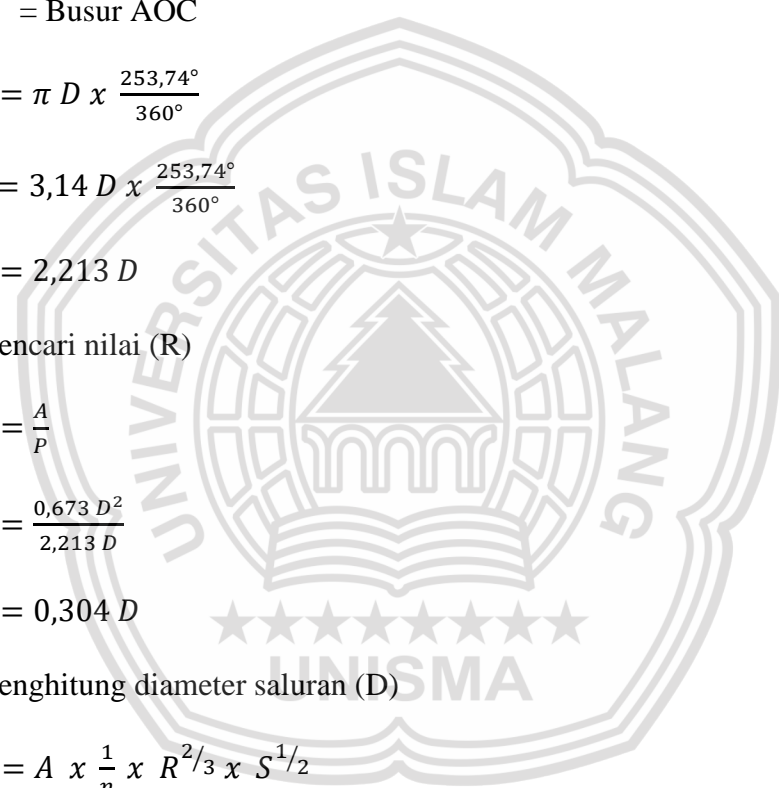
$$0,0287 = 0,673 D^2 \times \frac{1}{0,013} \times (0,304 D)^{2/3} \times 0,004^{1/2}$$

$$0,0287 = 1,482 D^{3/8}$$

$$D^{8/3} = \frac{0,0287}{1,482}$$

$$D^{8/3} = 0,019$$

$$D = 0,23 \text{ m}$$



Untuk perhitungan selengkapnya debit rancangan pada tiap saluran bisa dilihat pada tabel 4.27 dibawah

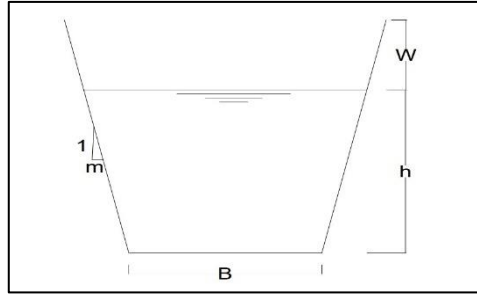
**Tabel 4.27** Perhitungan Diameter Rencana Pada tiap saluran

No.	Kode Saluran	Kemiringan Saluran	Debit Rancangan	Diameter Hitung	Diameter Rencana	Keterangan
		(S)	(Q <sub>R</sub> ) (m <sup>3</sup> /detik)	(D) (m)	(D) (m)	
1	A1	0,0040	0,0174	0,19	0,3	OK
2	B1	0,0040	0,0196	0,20	0,3	OK
3	C1	0,0040	0,0189	0,19	0,3	OK
4	C2	0,0040	0,0193	0,20	0,3	OK
5	D1	0,0040	0,0196	0,20	0,3	OK
6	D2	0,0040	0,0196	0,20	0,3	OK
7	E1	0,0040	0,0220	0,21	0,3	OK
8	E2	0,0040	0,0182	0,19	0,3	OK
9	F1	0,0040	0,0194	0,20	0,3	OK
10	F2	0,0040	0,0197	0,20	0,3	OK
11	G1	0,0040	0,0197	0,20	0,3	OK
12	G2	0,0040	0,0197	0,20	0,3	OK
13	H1	0,0040	0,0180	0,19	0,3	OK
14	H2	0,0040	0,0180	0,19	0,3	OK
15	I1	0,0040	0,0198	0,20	0,3	OK
16	I2	0,0040	0,0204	0,20	0,3	OK
17	J1	0,0040	0,0196	0,20	0,3	OK
18	J2	0,0040	0,0196	0,20	0,3	OK
19	K1	0,0040	0,0179	0,19	0,3	OK
20	K2	0,0040	0,0187	0,19	0,3	OK
21	L1	0,0040	0,0177	0,19	0,3	OK
22	L2	0,0040	0,0208	0,20	0,3	OK
23	M1	0,0040	0,0287	0,23	0,3	OK
24	N1	0,0040	0,0165	0,19	0,3	OK
25	O1	0,0040	0,0154	0,18	0,3	OK
26	O2	0,0040	0,0232	0,21	0,3	OK
27	SK1	0,0070	0,0833	0,31	0,4	OK
28	SK2	0,0070	0,1651	0,40	0,4	OK

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

Pada saluran primer menggunakan penampang trapesium ,dengan nilai n = 0,012, kemiringan dinding saluran 1 : 2 dan kemiringan dasar saluran 0,004.

Berikut perhitungan dimensi saluran primer :



**Gambar 4.10** Perencanaan Diameter Saluran Drainase Primer  
Sumber: Pengolahan Autocad ,2022

$$A = h^2 \sqrt{3}$$

$$P = 2h \sqrt{3}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{h^2 \sqrt{3}}{2h \sqrt{3}}$$

$$R = \frac{h}{2}$$

1. Mencari tinggi muka air ( h )

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,2519 = h^2 \sqrt{3} \times \frac{1}{0,012} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times 0,004^{1/2}$$

$$0,2519 = 5,751 h^{3/8}$$

$$h^{8/3} = \frac{0,2519}{5,751}$$

$$h^{8/3} = 0,044$$

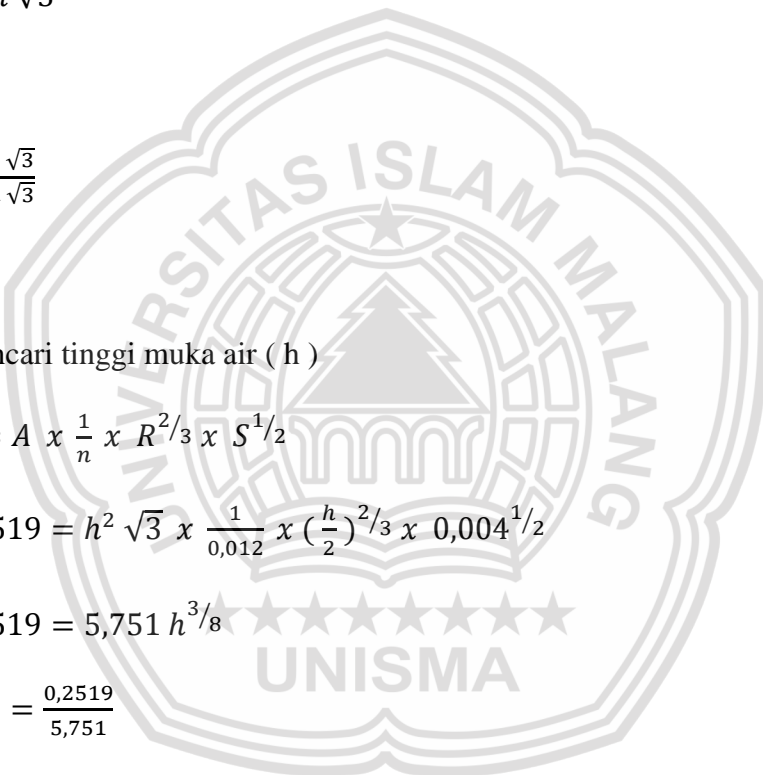
$$h = 0,309 \text{ m}$$

2. Mencari lebar dasar ( B )

$$B = \frac{2}{3} h \sqrt{3}$$

$$B = \frac{2}{3} (0,309) \sqrt{3}$$

$$B = 0,357 \text{ m}$$



3. Mencari tinggi jagaan ( W )

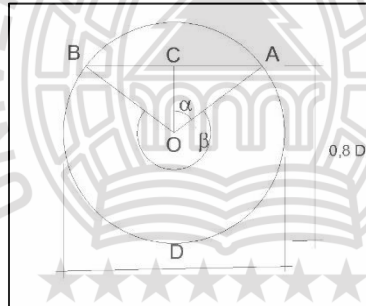
$$W = \sqrt{0,5 h}$$

$$W = \sqrt{0,5 (0,309)}$$

$$W = 0,393 m$$

#### 4.4 Perhitungan Debit Maksimal Saluran ( $Q_s$ )

Direncanakan Kawasan perumahan Gresik Kota Raya menggunakan saluran bentuk penampang lingkaran dengan diameter 0,3 untuk saluran tersier, 0,4 untuk saluran sekunder dengan nilai  $n = 0,013$  (saluran beton gorong gorong), kemiringan saluran (S) pada saluran A1 = 0,004 dan direncanakan air akan memenuhi saluran setinggi 0,8 . Untuk perhitungannya sebagai berikut:



**Gambar 4.11** Diameter Saluran Drainase Lingkaran  
Sumber: Pengolahan Autocad ,2022

##### 4.4.1 Menghitung Debit Saluran Tersier ( Diameter 0,3 )

Diketahui :

$$n = 0,013$$

$$OA = OB = 0,5D$$

$$OA = OB = 0,15 m$$

$$OC = 0,3D$$

$$OC = 0,09 m$$



$$CA = CB = \sqrt{OA^2 - OC^2}$$

$$CA = CB = \sqrt{0,15^2 - 0,09^2}$$

$$CA = CB = 0,12 \text{ m}$$

$$AB = 2 \times CA$$

$$AB = 2 \times 0,12$$

$$AB = 0,24 \text{ m}$$

$$\cos a = OC/OA$$

$$\cos a = \frac{0,09}{0,15} = 0,6$$

$$a = \cos^{-1} a$$

$$a = \cos^{-1} 0,6$$

$$a = 53,13^\circ$$

1. Mencari Nilai (A)

$$A = \text{luas ABCD} = \text{luas OADB} + \text{luas AOB}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times AB \times OC$$

$$A = \frac{1}{4} 3,14 \times 0,3^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times 0,24 \times 0,09$$

$$A = 0,0606 \text{ m}^2$$

2. Mencari nilai (P)

$$P = \text{Busur AOC}$$

$$P = \pi D \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 3,14 \times 0,3 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 0,664 \text{ m}$$

3. Mencari nilai (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,0606}{0,664}$$

$$R = 0,0913 \text{ m}$$

4. Menghitung debit saluran (Q)

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = 0,0606 \times \frac{1}{0,0013} \times (0,0913)^{2/3} \times 0,004^{1/2}$$

$$Q = 0,0598 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

#### 4.4.2 Menghitung Debit Saluran Sekunder ( Diameter 0,4)

Diketahui :

$$n = 0,013$$

$$OA = OB = 0,5D$$

$$OA = OB = 0,2 \text{ m}$$

$$OC = 0,3D$$

$$OC = 0,12 \text{ m}$$

$$CA = CB = \sqrt{OA^2 - OC^2}$$

$$CA = CB = \sqrt{0,2^2 - 0,12^2}$$

$$CA = CB = 0,16 \text{ m}$$

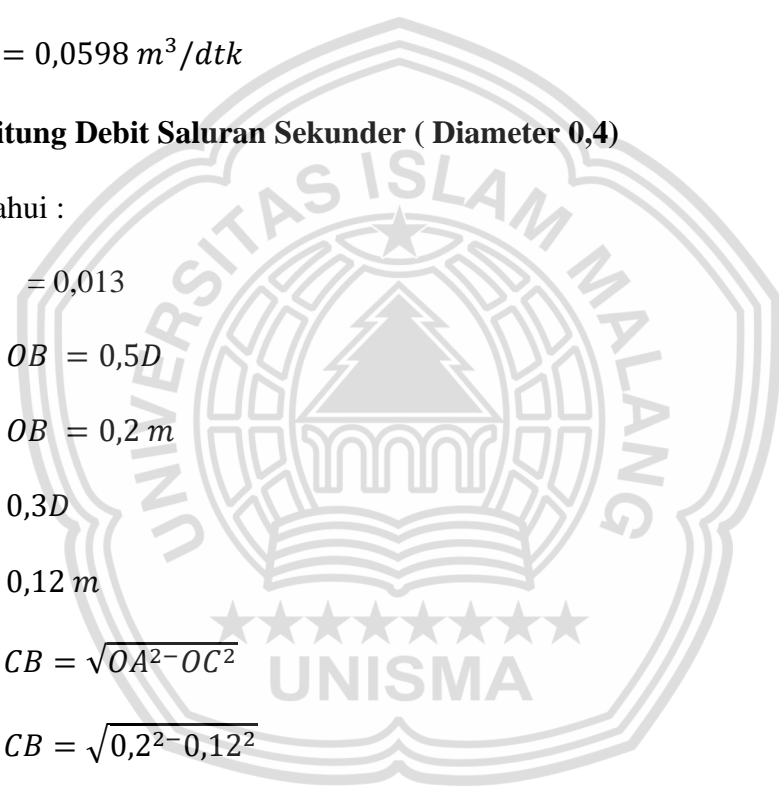
$$AB = 2 \times CA$$

$$AB = 2 \times 0,16$$

$$AB = 0,32 \text{ m}$$

$$\cos a = OC/OA$$

$$\cos a = \frac{0,12}{0,2} = 0,6$$



$$a = \cos^{-1} a$$

$$a = \cos^{-1} 0,6$$

$$a = 53,13^\circ$$

1. Mencari Nilai (A)

$$A = \text{luas ABCD} = \text{luas OADB} + \text{luas AOB}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times AB \times OC$$

$$A = \frac{1}{4} 3,14 \times 0,4^2 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2} \times 0,32 \times 0,12$$

$$A = 0,1077 \text{ m}^2$$

2. Mencari nilai (P)

$$P = \text{Busur AOC}$$

$$P = \pi D \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 3,14 \times 0,4 \times \frac{253,74^\circ}{360^\circ}$$

$$P = 0,885 \text{ m}$$

3. Mencari nilai (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,1077}{0,885}$$

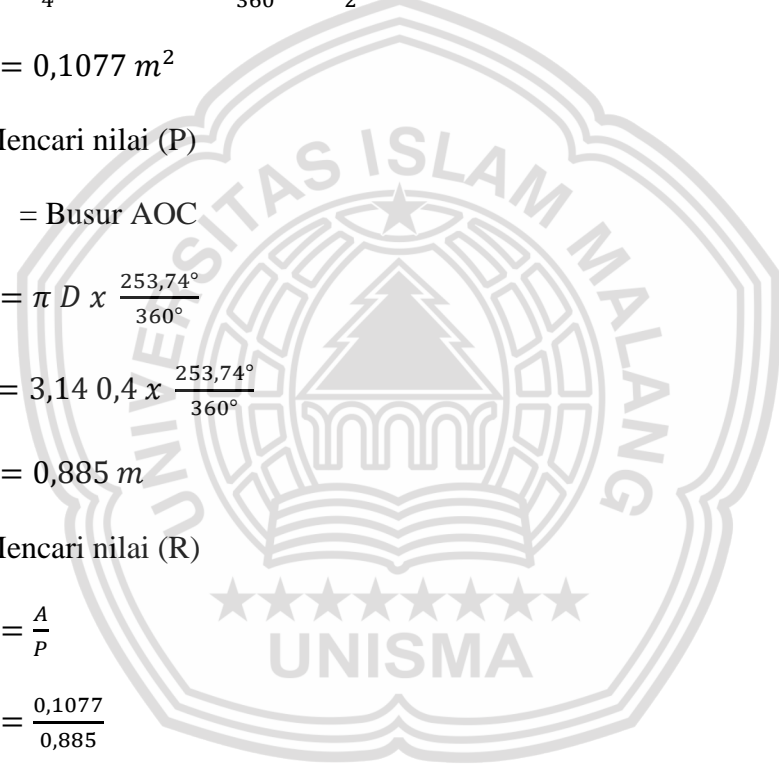
$$R = 0,1217 \text{ m}$$

4. Menghitung debit saluran (Q)

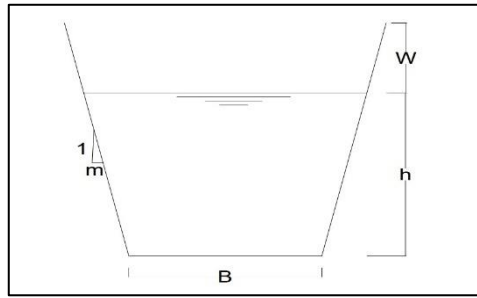
$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = 0,1077 \times \frac{1}{0,0013} \times (0,1217)^{2/3} \times 0,007^{1/2}$$

$$Q = 0,1703 \text{ m}^3/\text{dtk}$$



#### 4.4.3 Menghitung Debit Saluran Primer (Trapezium)



**Gambar 4.12** Diameter Saluran Drainase Trapezium  
Sumber: Pengolahan Autocad ,2022

Diketahui :

$$L = 251$$

$$s = 0,004$$

$$m = 0,5$$

$$n = 0,012$$

$$b = 0,6$$

$$h = 0,7$$

$$w = 0,15$$

1. Mencari Nilai A

$$A = (b + (m \times h)) \times h$$

$$A = (0,6 + (0,5 \times 0,7)) \times 0,7$$

$$A = 0,6650 \text{ m}^2$$

2. mencari nilai P

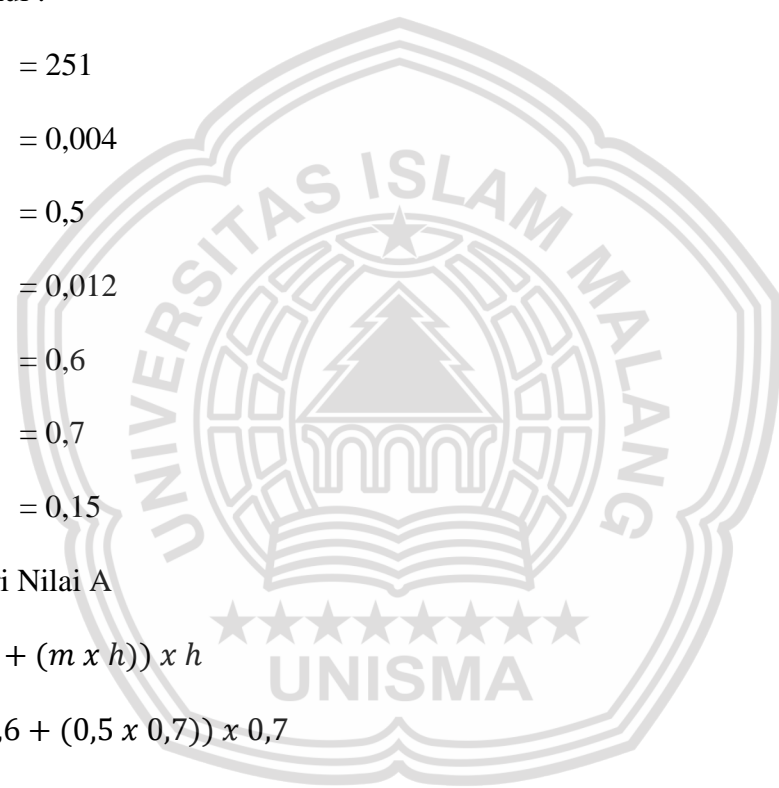
$$P = b + (2 \times h) \times (m^2 + 1)^{1/2}$$

$$P = 0,6 + (2 \times 0,7) \times (0,5^2 + 1)^{1/2}$$

$$P = 2,1652 \text{ m}$$

3. mencari nilai R

$$R = \frac{A}{P}$$



$$R = \frac{0,6650}{2,1652}$$

$$R = 0,3071$$

4. mencari nilai V

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{2/3}$$

$$V = \frac{1}{0,012} \times 0,3071^{2/3} \times 0,0040^{2/3}$$

$$V = 0,9559 \text{ m/dtk}$$

5. mencari nilai Q

$$Q = \frac{A}{v}$$

$$Q = \frac{0,6650}{0,9559} = 0,6957 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Debit maksimum saluran tersier dengan diameter sebesar 0,3 m yaitu 0,0598 m<sup>3</sup>/dtk, saluran sekunder dengan diameter sebesar 0,4 m yaitu 0,1703 m<sup>3</sup>/dtk dan saluran primer berbentuk trapezium sebesar 0,6957 m<sup>3</sup>/dtk. Jadi  $Q_r < Q_s$ , maka saluran ini aman digunakan.

Perbandingan debit rencana dan debit eksisting selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.28 dibawah ini :



**Tabel 4.28** Perbandingan debit rencana dengan debit maksimal saluran

No.	Kode Saluran	Debit Rancangan	Debit Eksisting	Keterangan
		( $Q_R$ ) (m <sup>3</sup> /detik)	( $Q_S$ ) (m <sup>3</sup> /detik)	
1	A1	0,0174	0,0598	OK
2	B1	0,0196	0,0598	OK
3	C1	0,0189	0,0598	OK
4	C2	0,0194	0,0598	OK
5	D1	0,0196	0,0598	OK
6	D2	0,0196	0,0598	OK
7	E1	0,0220	0,0598	OK
8	E2	0,0182	0,0598	OK
9	F1	0,0194	0,0598	OK
10	F2	0,0197	0,0598	OK
11	G1	0,0197	0,0598	OK
12	G2	0,0197	0,0598	OK
13	H1	0,0180	0,0598	OK
14	H2	0,0180	0,0598	OK
15	I1	0,0198	0,0598	OK
16	I2	0,0204	0,0598	OK
17	J1	0,0196	0,0598	OK
18	J2	0,0196	0,0598	OK
19	K1	0,0179	0,0598	OK
20	K2	0,0187	0,0598	OK
21	L1	0,0178	0,0598	OK
22	L2	0,0208	0,0598	OK
23	M1	0,0287	0,0598	OK
24	N1	0,0165	0,0598	OK
25	O1	0,0154	0,0598	OK
26	O2	0,0232	0,0598	OK
27	SK1	0,0834	0,1703	OK
28	SK2	0,1652	0,1703	OK
29	PR	0,1579	0,6957	OK

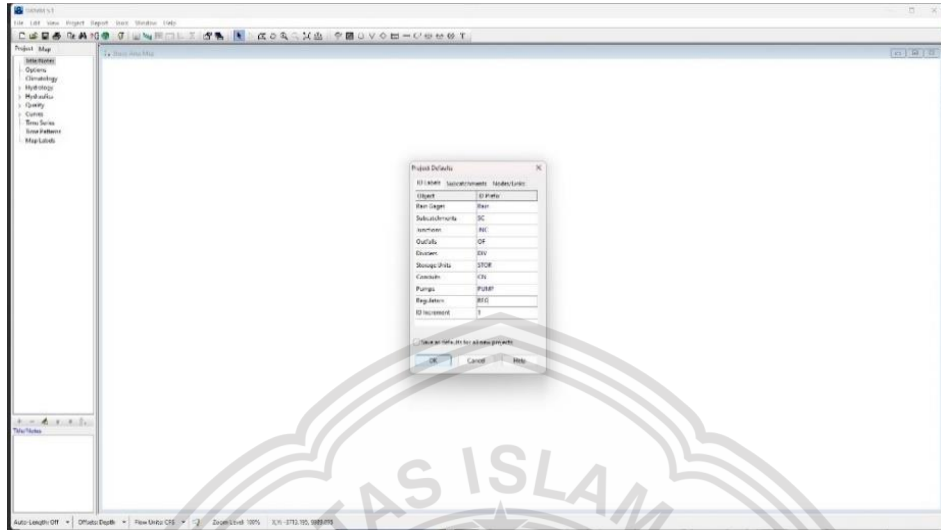
Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

#### 4.5 Pemodelan EPA SWMM 5.1

Langkah pemodelan pada EPA SWMM 5.1 yaitu sebagai Berikut :

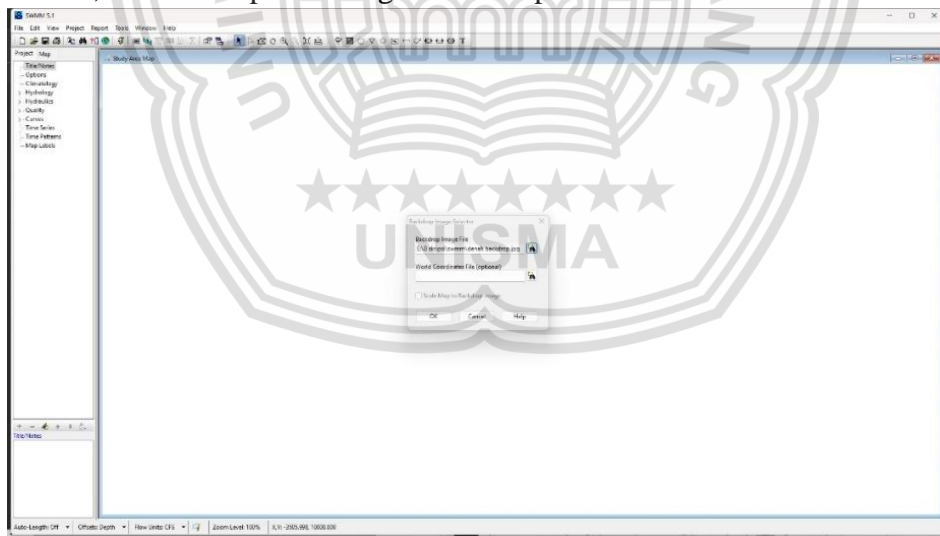
1. Buka Program EPA SWMM 5.1

- Pilih Project > Default kemudian atur penamaan di ID Labels dan atur nilai Subcatchment dan halaman nodes/link yang memiliki nilai default kemudian klik ok.



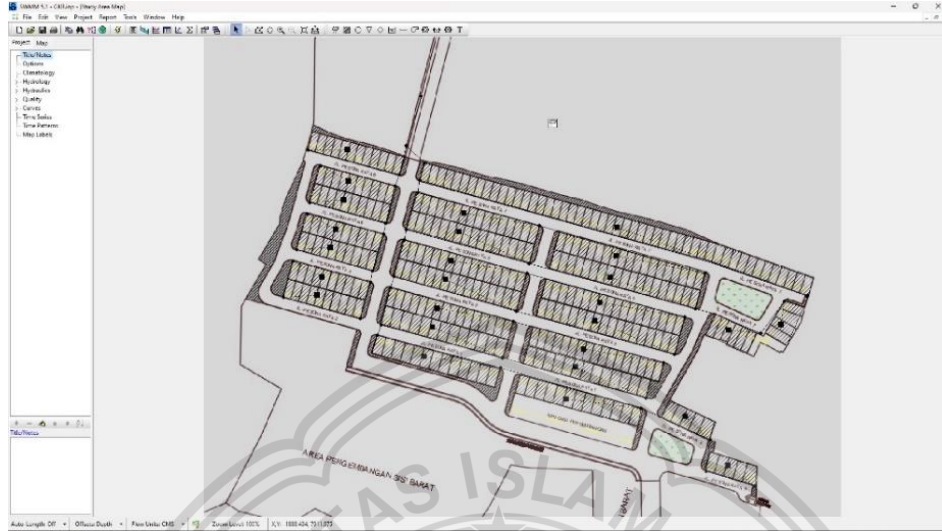
Gambar 4.13 Setting Project Default program SWMM 5.1  
Sumber: Pengolahan SWMM 5.1 ,2022

- Masukkan Siteplan Perumahan yang di teliti pilih View -> *BackDrop* -> Load, Kemudian pilih data gambar site plan dan klik ok



Gambar 4.14 Proses load Backdrop pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

4. Gambar Area *Subcatchments*, *Junctions nodes* dan *Conduits Links* -> Hubungkan *Subcatchments* ke *Junctions nodes* -> Hubungkan antar *Junctions nodes* dengan *Conduits Links* sampai dengan titik *Outfalls Nodes*



**Gambar 4.15** Proses Gambar *Subcatchments*, *Junctions nodes*, *Conduits Links*, *Outfalls Nodes* pada program SWMM 5.1

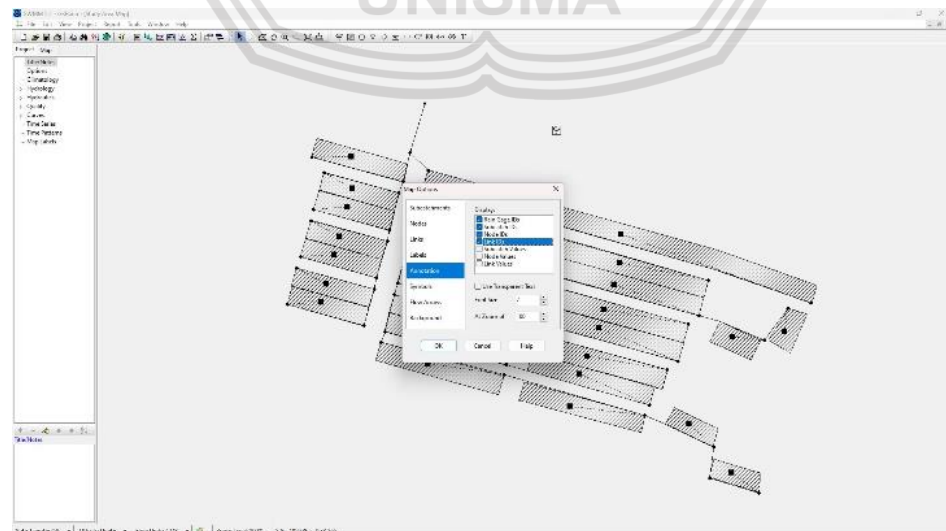
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

5. Unload Backdrop

View -> *BackDrop* -> Unload

6. Tambahkan Id

Klik kanan -> Option -> *Annotation* -> Centang *Rain Gage IDs*, *Subcatch IDs*, *Node IDs*, *Link IDs* -> klik ok



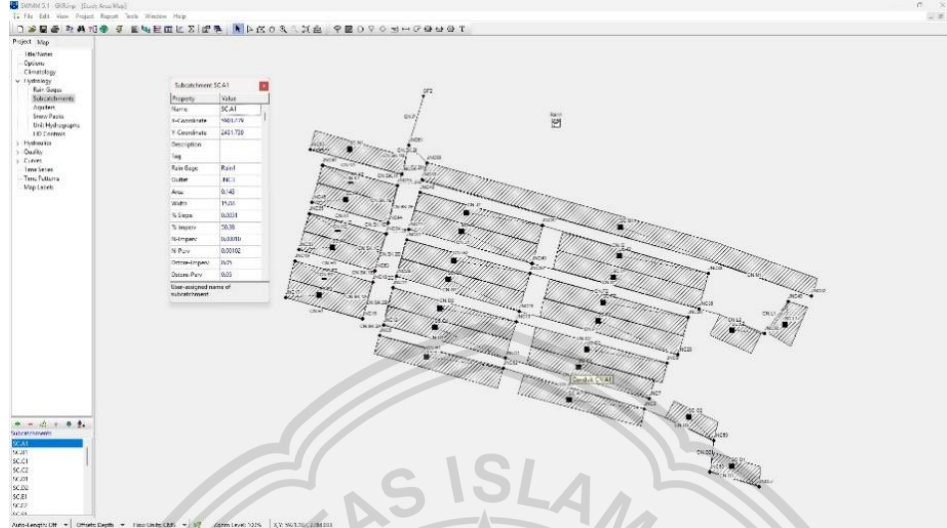
**Gambar 4.16** Proses Penampilan Id pada program SWMM 5.1

Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

7. Atur Properti pada objek *Subcatchments*

Double klik pada *Subcatchments* -> isikan data berdasarkan tabel 4.29

dibawah ini



**Gambar 4.17** Proses Input data *Subcatchments* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Berikut contoh perhitungan pada *Subcatchments SC.A1*

- Width (m) adalah Lebar dari *Subcatchments* yang berhadapan langsung dengan saluran menuju outlet

$$Width = \frac{A}{L} = \frac{1373 \text{ m}^2}{94 \text{ m}} = 14,67 \text{ m}$$

- %*Impervious* adalah persentase lahan *Subcatchments* yang kedap air

$$\%Imperv = \frac{A_{atap}}{A} = \frac{0,00069}{0,00137} \times 100\% = 50,25\%$$

- *N-Imperv* adalah koefisien angka manning untuk lahan kedap air

$$N - Imperv = \frac{n_{atap} \times A}{A} \times \frac{\%Imperv}{100}$$

$$N - Imperv = \frac{0,02 \times 0,137}{0,137} \times \frac{50,25\%}{100}$$

$$N - Imperv = 0,00010$$

- *N-perv* adalah koefisien angka manning untuk lahan tidak kedap air

$$N - Perv = \frac{(n_{jalan} \times A) + (n_{halaman} \times A)}{A} \times \frac{1 - \%Imperv}{100}$$

$$N - Perv = \frac{(0,013 \times 0,137) + (0,2 \times 0,137)}{0,137} \times \frac{1 - 50,25\%}{100}$$

$$N - Perv = 0,001$$

**Tabel 4.29** Nilai Properti *Subcatchments*

Kode Subcatchment	Panjang Conduit (m)	Area (Ha)	Area (m <sup>2</sup> )	Width (m)	Slope	%Imperv	N-Imperv	N-Prev
SC.A1	94	0,137	1373	14,67	0,0040	50,25%	0,00010	0,0010
SC.B1	82	0,138	1383	16,94	0,0040	49,91%	0,00010	0,0010
SC.C1	94	0,150	1504	16,07	0,0040	45,87%	0,00009	0,0011
SC.C2	99	0,159	1592	16,13	0,0040	45,85%	0,00009	0,0011
SC.D1	82	0,138	1383	16,95	0,0040	49,89%	0,00010	0,0010
SC.D2	82	0,139	1385	16,97	0,0040	49,82%	0,00010	0,0010
SC.E1	51	0,117	1167	22,80	0,0040	36,84%	0,00007	0,0013
SC.E2	51	0,098	984	19,22	0,0040	43,71%	0,00009	0,0011
SC.F1	104	0,164	1645	15,86	0,0040	46,82%	0,00009	0,0011
SC.F2	104	0,167	1666	16,07	0,0040	46,22%	0,00009	0,0011
SC.G1	82	0,142	1419	17,39	0,0040	48,63%	0,00010	0,0010
SC.G2	82	0,142	1417	17,37	0,0040	48,69%	0,00010	0,0010
SC.H1	51	0,094	940	18,37	0,0040	45,73%	0,00009	0,0011
SC.H2	51	0,094	940	18,37	0,0040	45,73%	0,00009	0,0011
SC.I1	109	0,171	1711	15,74	0,0040	47,92%	0,00010	0,0011
SC.I2	109	0,176	1756	16,15	0,0040	46,71%	0,00009	0,0011
SC.J1	82	0,138	1383	16,94	0,0040	49,91%	0,00010	0,0010
SC.J2	82	0,138	1382	16,94	0,0040	49,93%	0,00010	0,0010
SC.K1	51	0,094	937	18,26	0,0040	45,90%	0,00009	0,0011
SC.K2	51	0,097	973	18,96	0,0040	44,20%	0,00009	0,0011
SC.L1	26	0,056	556	21,30	0,0040	52,16%	0,00010	0,0010
SC.L2	46	0,125	1253	27,06	0,0040	23,14%	0,00005	0,0015
SC.M1	255	0,424	4241	16,63	0,0040	51,64%	0,00010	0,0010
SC.N1	61	0,095	947	15,47	0,0040	54,94%	0,00011	0,0009
SC.O1	51	0,079	791	15,42	0,0040	34,77%	0,00007	0,0013
SC.O2	46	0,133	1327	29,16	0,0040	20,95%	0,00004	0,0016

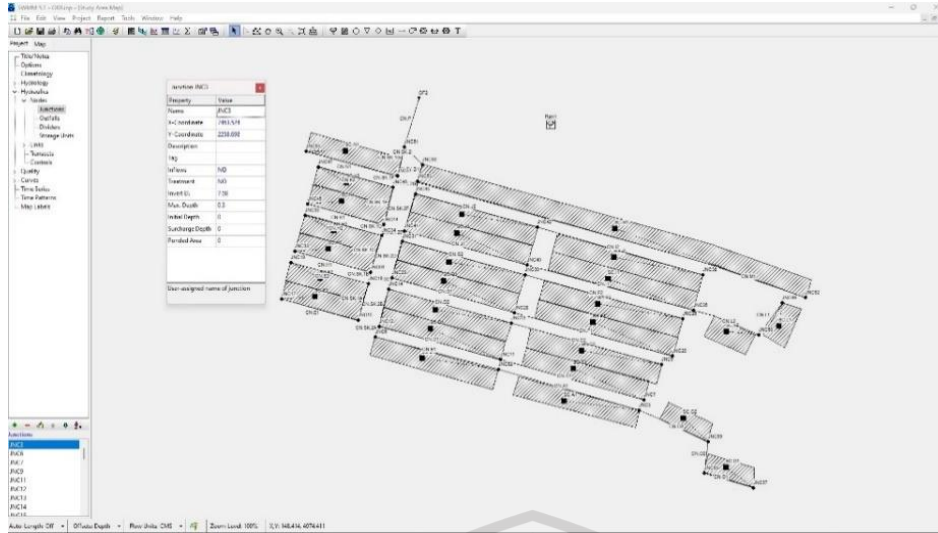
Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

8. Atur Objek Properti pada *Junctions nodes*

Double klik pada *Junctions nodes* -> isikan data elevasi berdasarkan tabel

4.30 dibawah ini





**Gambar 4.18** Proses Input data *Junctions nodes* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

**Tabel 4.30** Nilai Properti *Junctions nodes*

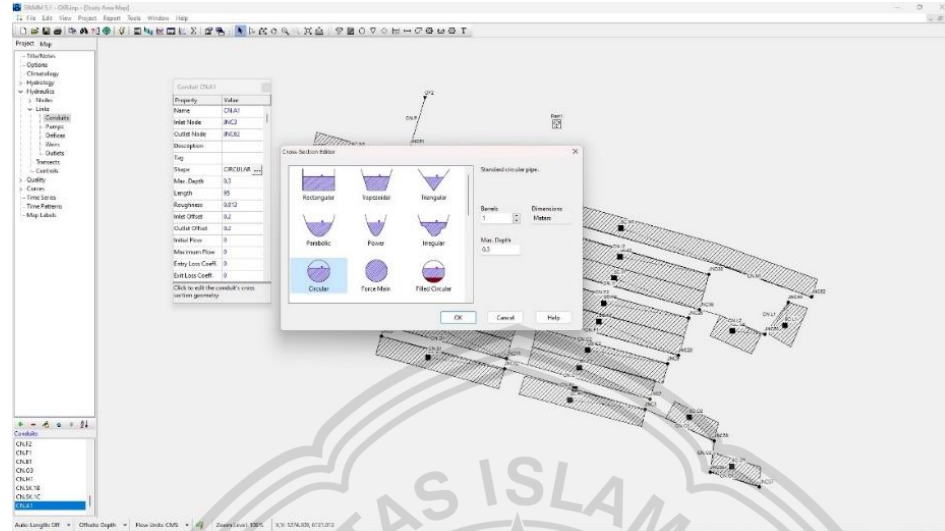
Kode Junction	Invert Elevation	Kode Subcatchment	Kode Junction	Invert Elevation	Kode Subcatchment
JNC57	8,00	SC.O1	JNC41	6,34	SC.I2
JNC58	7,90	SC.O1	JNC38	6,80	SC.J1
JNC59	7,80	SC.O2	JNC42	6,40	SC.J2
JNC3	7,58	SC.A1	JNC43	6,14	SC.J2
JNC62	7,18	SC.B1	JNC52	7,00	SC.M1
JNC6	6,86	SC.B1	JNC53	6,10	SC.M1
JNC7	7,50	SC.C1	JNC56	6,00	SC.M1
JNC11	7,10	SC.C2	JNC17	7,00	SC.E1
JNC12	6,82	SC.C2	JNC15	6,82	SC.E1
JNC9	7,30	SC.D1	JNC19	6,80	SC.E2
JNC13	6,90	SC.D2	JNC18	6,62	SC.E2
JNC14	6,62	SC.D2	JNC33	6,70	SC.H1
JNC20	7,25	SC.F1	JNC63	6,58	SC.H1
JNC28	6,85	SC.F2	JNC35	6,50	SC.H2
JNC29	6,58	SC.F2	JNC34	6,38	SC.H2
JNC26	7,05	SC.G1	JNC45	6,50	SC.K1
JNC30	6,70	SC.G2	JNC44	6,34	SC.K1
JNC31	6,38	SC.G2	JNC47	6,30	SC.K2
JNC49	7,20	SC.L1	JNC46	6,14	SC.K2
JNC50	7,10	SC.L2	JNC55	6,30	SC.N1
JNC36	6,90	SC.I1	JNC54	6,10	SC.N1
JNC40	6,60	SC.I2	JNC61	5,95	SC.N1

Sumber : Hasil Pengolahan Excel, 2022

9. Atur Objek Properti pada *Conduits Links*

Double klik pada *Conduits Links* -> isikan data berdasarkan tabel 4.31

dibawah ini



**Gambar 4.19** Proses Input data *Conduits Links* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

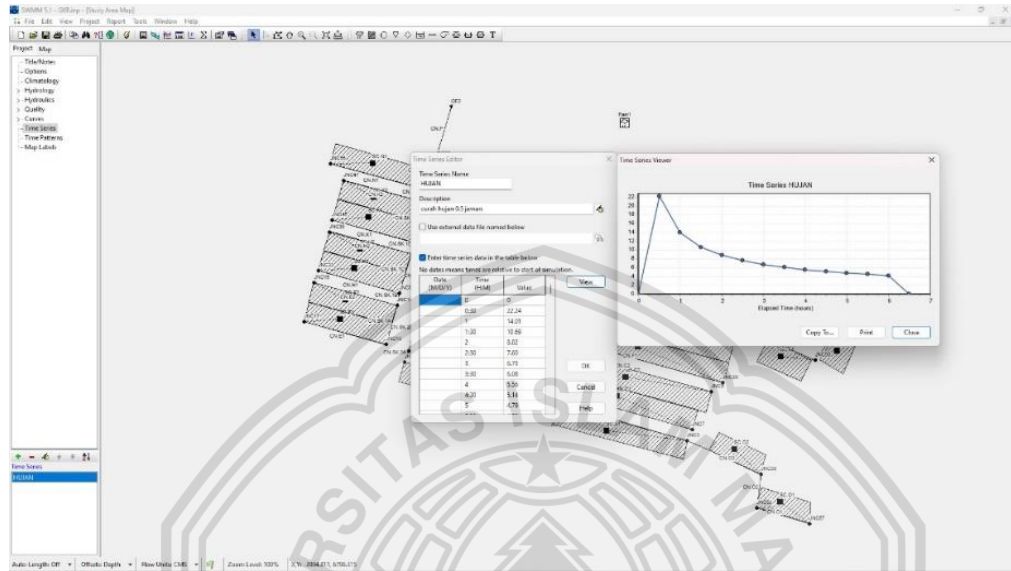
**Tabel 4.31** Nilai Properti *Junctions nodes*

Kode Conduit	Panjang Conduit	Max Depth	Kode Conduit	Panjang Conduit	Max Depth
CN.A1	94	0,3	CN.M1	255	0,3
CN.B1	82	0,3	CN.N1	61	0,3
CN.C1	94	0,3	CN.O1	31	0,3
CN.C2	99	0,3	CN.O2	20	0,3
CN.D1	82	0,3	CN.O3	46	0,3
CN.D2	82	0,3	CN.SK.1A	24	0,4
CN.E1	51	0,3	CN.SK.1B	7	0,4
CN.E2	51	0,3	CN.SK.1C	24	0,4
CN.F1	104	0,3	CN.SK.1D	7	0,4
CN.F2	104	0,3	CN.SK.1E	24	0,4
CN.G1	82	0,3	CN.SK.1F	7	0,4
CN.G2	82	0,3	CN.SK.1G	12	0,4
CN.H1	51	0,3	CN.SK.2A	7	0,4
CN.H2	51	0,3	CN.SK.2B	24	0,4
CN.I1	109	0,3	CN.SK.2C	7	0,4
CN.I2	109	0,3	CN.SK.2D	24	0,4
CN.J1	82	0,3	CN.SK.2E	7	0,4
CN.J2	82	0,3	CN.SK.2F	24	0,4
CN.K1	51	0,3	CN.SK.2G	7	0,4
CN.K2	51	0,3	CN.SK.2H	12	0,4
CN.L1	26	0,3	CN.SK.2I	10	0,4
CN.L2	46	0,3	CN.P	251	0,8

Sumber :Pengolahan Excel, 2022

10. Atur data *property RainGage*

Tambahkan nilai dari *Raingage* dengan cara klik menu *Project -> Add A New Time Series ->* Isikan Time Series Name, Description serta waktu dan distribusi hujan jam-jam an seperti pada tabel 4.32 dibawah ini



**Gambar 4.20** Proses Input data *Time Series* pada program SWMM 5.1

Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

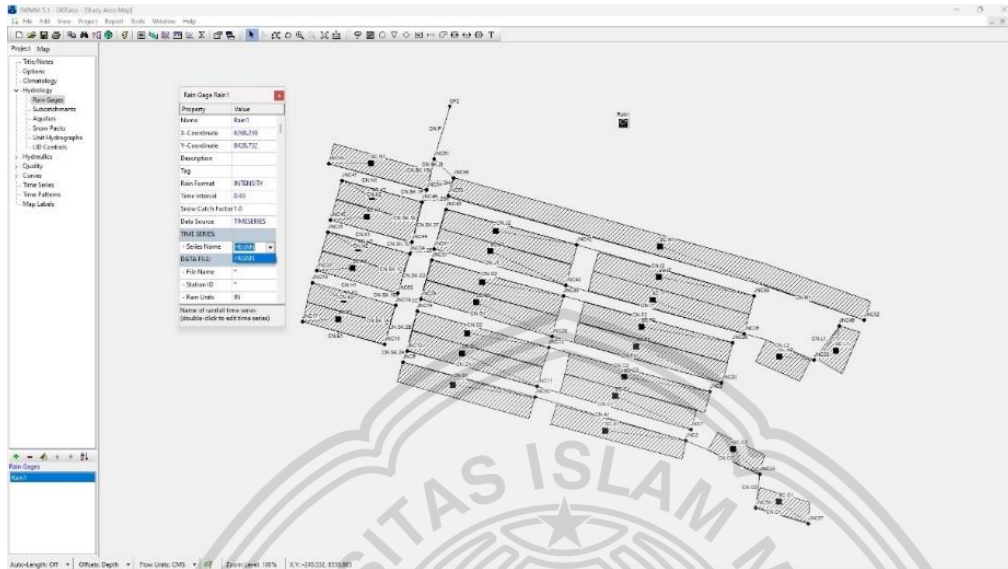
**Tabel 4.32** Distribusi Hujan jam-jam an

R24 (mm)	Jam ke (t)	Distribusi (Rt)		Persentase (%)	Rt (mm)
		0,5 jaman	curah hujan jam ke		
82,67	00:30	0,72	0,22	22,15%	18,31
82,67	01:00	0,45	0,14	13,95%	11,53
82,67	01:30	0,35	0,11	10,65%	8,80
82,67	02:00	0,29	0,09	8,79%	7,27
82,67	02:30	0,25	0,08	7,57%	6,26
82,67	03:00	0,22	0,07	6,71%	5,54
82,67	03:30	0,20	0,06	6,05%	5,00
82,67	04:00	0,18	0,06	5,54%	4,58
82,67	04:30	0,17	0,05	5,12%	4,23
82,67	05:00	0,16	0,05	4,77%	3,94
82,67	05:30	0,15	0,04	4,48%	3,70
82,67	06:00	0,14	0,04	4,23%	3,49
jumlah		3,26	1	100%	82,67

Sumber : Hasil Perhitungan Excel, 2022

### 11. Connect-kan Time Series ke Rainage

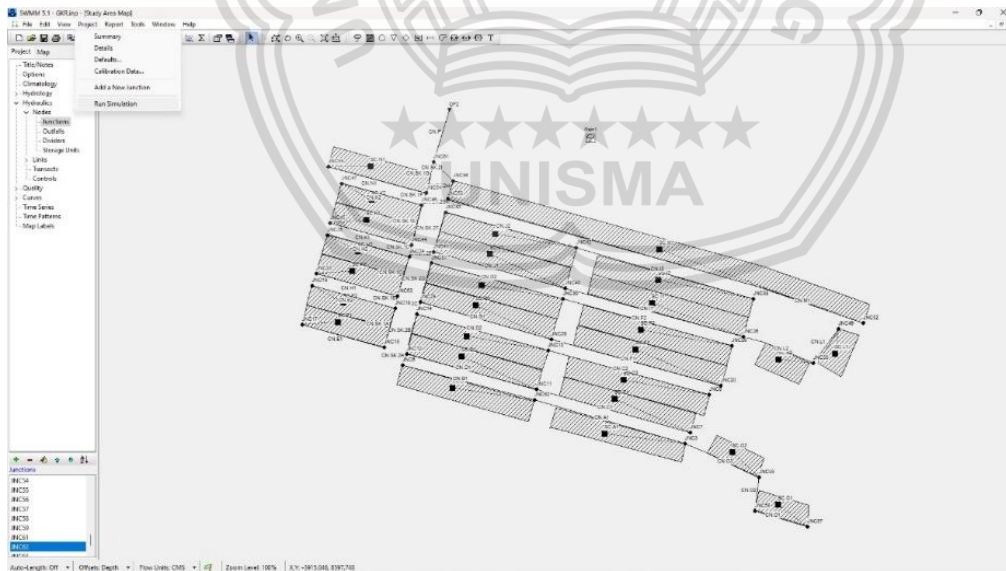
Double klik pada *Rainage* -> pada kolom time series pilih data hujan jam-jam an yang telah diisi sebelumnya



**Gambar 4.21** Proses Connect data *Time series* ke *Rainage* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

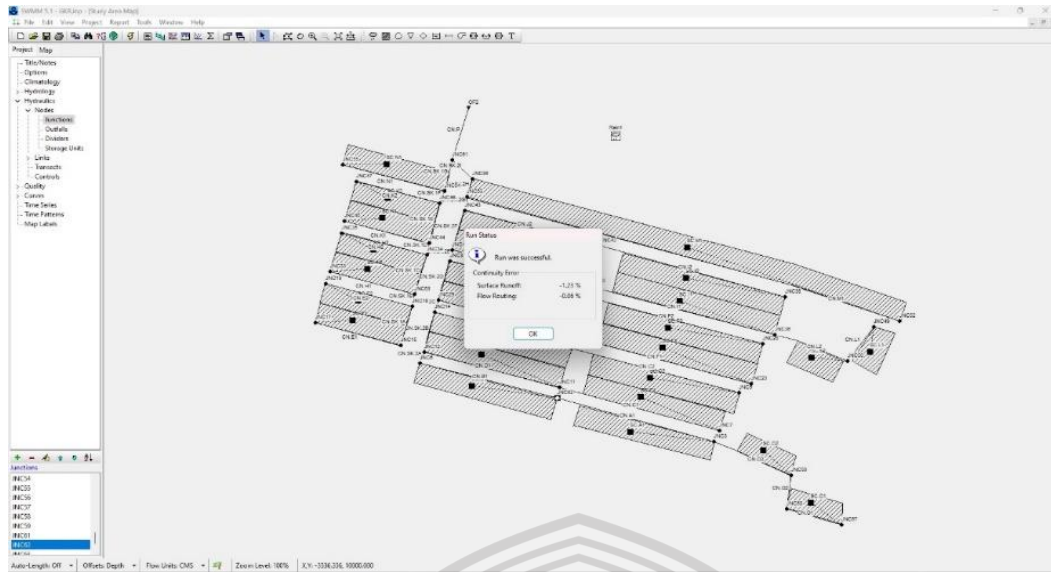
### 12. Menjalankan simulasi saluran

Klik Project -> Run Simulation



**Gambar 4.22** Proses *Run Simulation* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

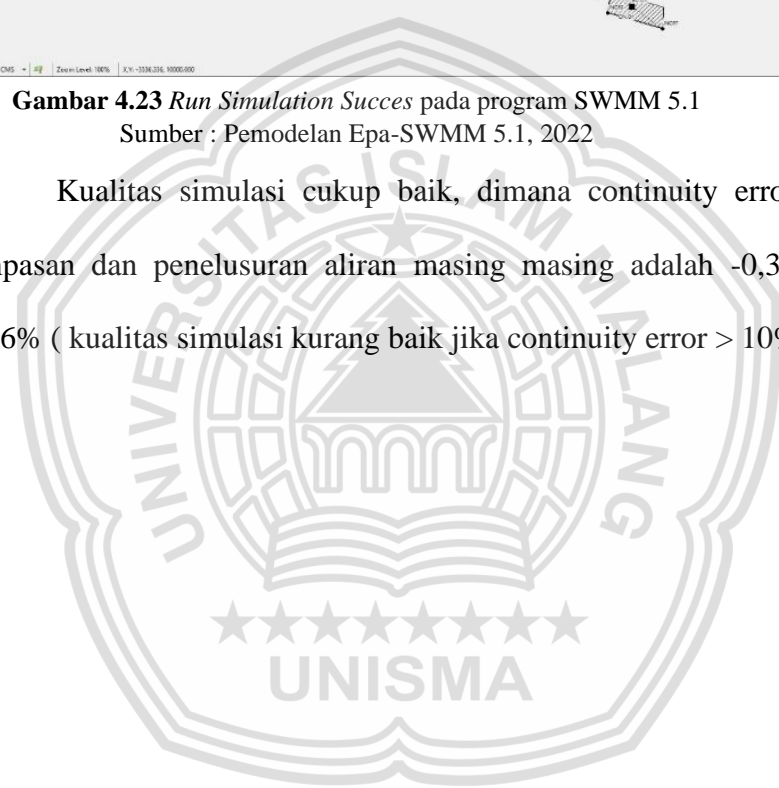




**Gambar 4.23** Run Simulation Sukses pada program SWMM 5.1

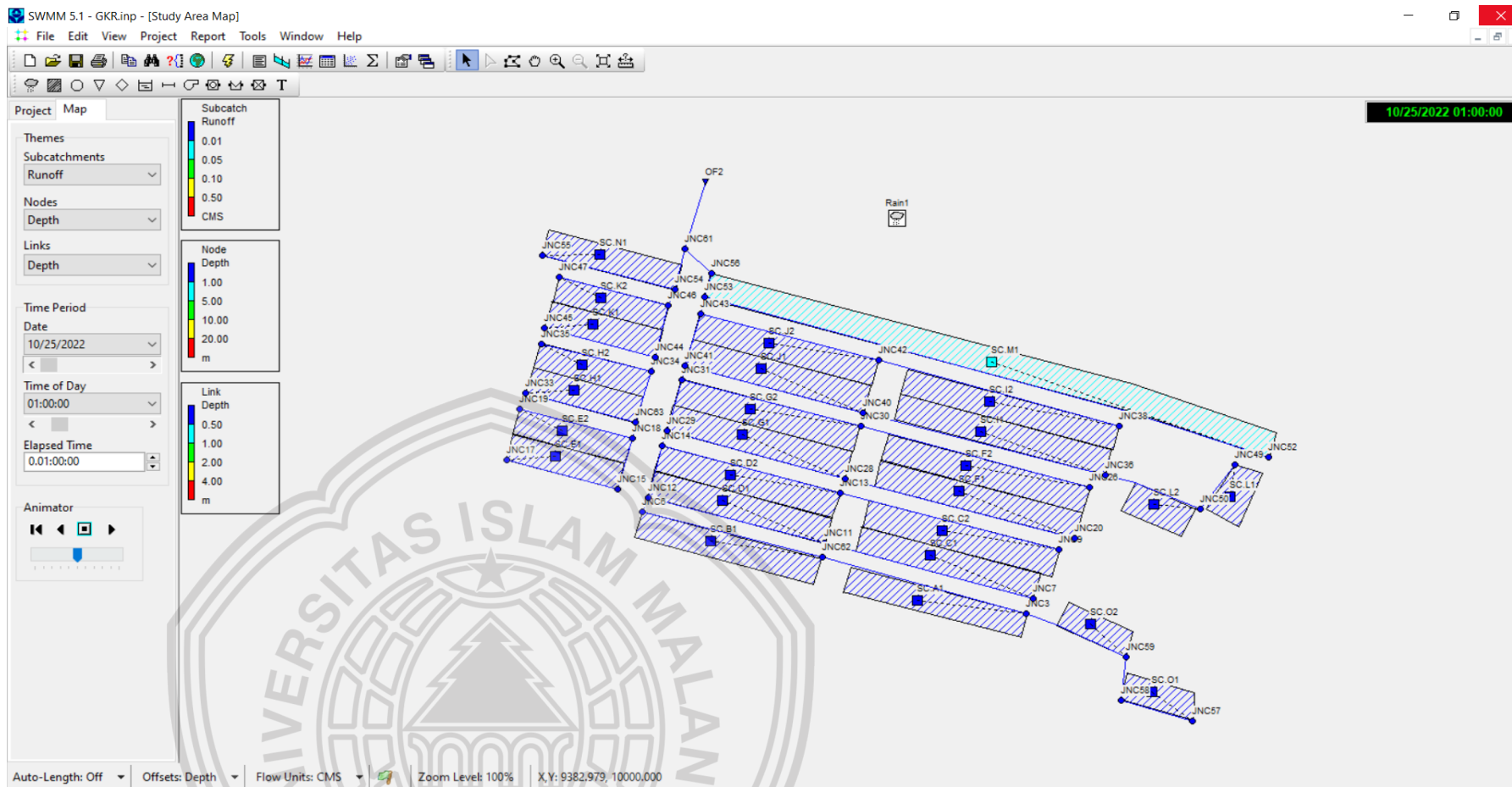
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Kualitas simulasi cukup baik, dimana continuity error untuk limpasan dan penelusuran aliran masing masing adalah -0,34% dan 0,06% ( kualitas simulasi kurang baik jika continuity error > 10% ).





### 13. Result model (Simulasi jaringan Drainase)

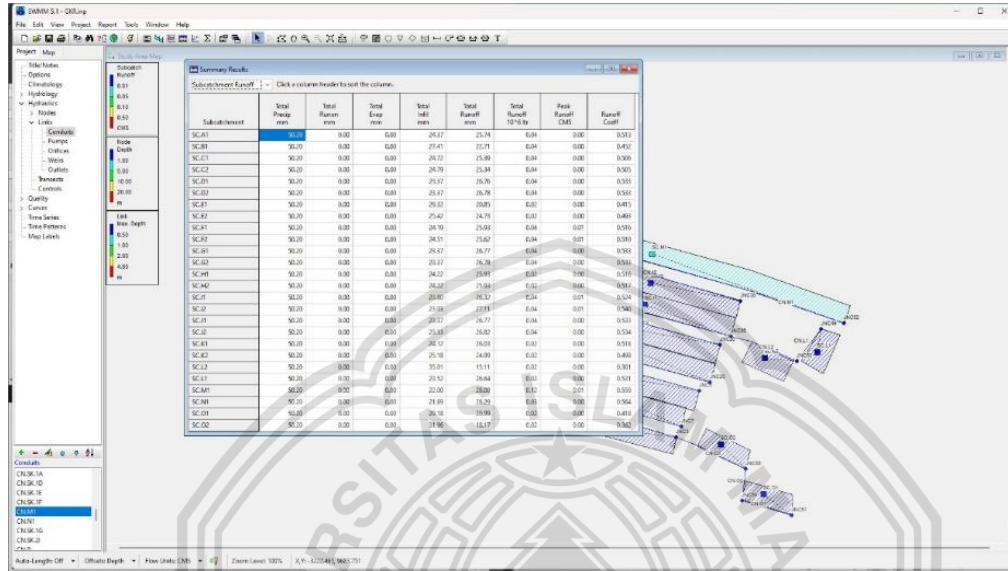


**Gambar 4.24** Simulasi Jaringan Drainase GKR pada program SWMM 5.1

Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Berikut Langkah-langkah untuk melihat hasil dari simulasi jaringan drainase pada program EPA SWMM 5.1 Yaitu dengan cara  
Klik Report -> Summary -> pilih hasil yang akan dilihat

1. Volume Limpasan ( Run off )



Gambar 4.25 Result model Subcatchments Run off Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

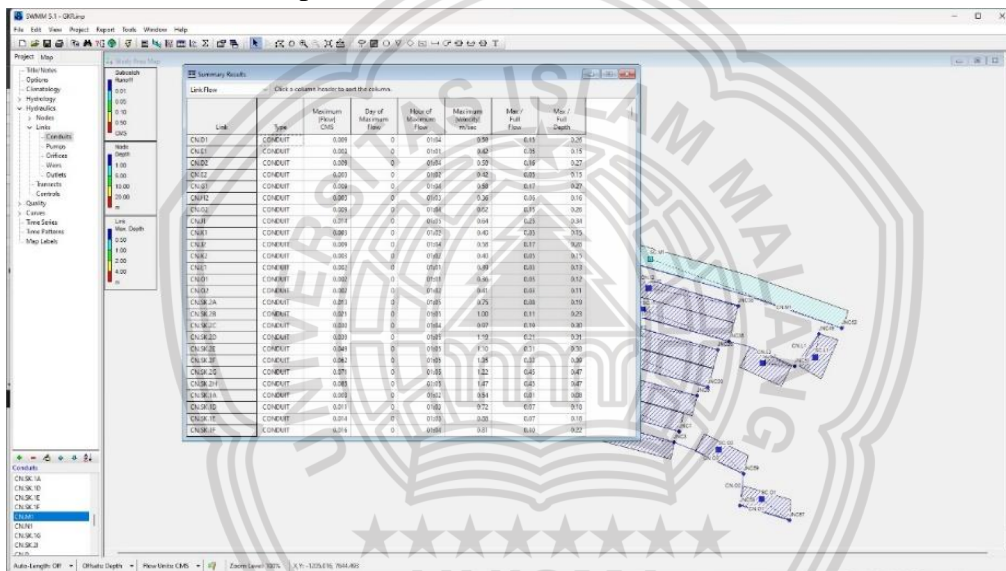
Tabel 4.33 Volume limpasan

Subcatchment	Total	Total	Total	Total	Peak	koefisien limpasan
	Precip	Infil	Limpasan	Limpasan	Runoff	
	mm	mm	Mm	10 <sup>6</sup> ltr	CMS	
SC.A1	41,32	20,14	21,11	0,03	0,00	0,511
SC.B1	41,32	22,65	18,60	0,03	0,00	0,450
SC.C1	41,33	20,43	20,82	0,03	0,00	0,504
SC.C2	41,33	20,49	20,77	0,03	0,00	0,503
SC.D1	41,32	19,31	21,95	0,03	0,00	0,531
SC.D2	41,32	19,31	21,96	0,03	0,00	0,531
SC.E1	41,33	24,22	17,08	0,02	0,00	0,413
SC.E2	41,32	21,00	20,28	0,02	0,00	0,491
SC.F1	41,32	19,99	21,26	0,03	0,00	0,514
SC.F2	41,32	20,25	21,01	0,03	0,00	0,508
SC.G1	41,32	19,31	21,96	0,03	0,00	0,531
SC.G2	41,32	19,31	21,96	0,03	0,00	0,531
SC.H1	41,32	20,01	21,26	0,02	0,00	0,514
SC.H2	41,32	20,01	21,26	0,02	0,00	0,515
SC.I1	41,33	19,67	21,59	0,04	0,00	0,522
SC.I2	41,32	19,03	22,24	0,04	0,00	0,538
SC.J1	41,32	19,31	21,96	0,03	0,00	0,531

Subcatchment	Total	Total	Total	Total	Peak	koefisien
	Precip	Infil	Limpasan	Limpasan	Runoff	
	mm	mm	Mm	10 <sup>6</sup> ltr	CMS	limpasan
SC.J2	41,32	19,28	22,00	0,03	0,00	0,532
SC.K1	41,32	19,93	21,35	0,02	0,00	0,517
SC.K2	41,32	20,81	20,49	0,02	0,00	0,496
SC.L2	41,32	28,93	12,32	0,02	0,00	0,298
SC.L1	41,32	19,44	21,85	0,01	0,00	0,529
SC.M1	41,32	18,18	23,05	0,10	0,01	0,558
SC.N1	41,32	18,09	23,22	0,02	0,00	0,562
SC.O1	41,33	24,12	17,19	0,01	0,00	0,416
SC.O2	41,33	26,41	14,85	0,02	0,00	0,359

Sumber : Hasil Pengolahan data SWMM 5.1 dan Excel, 2022

2. Kedalaman aliran pada saluran



Gambar 4.26 Result model Link flow Drainase GKR pada program SWMM 5.1

Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

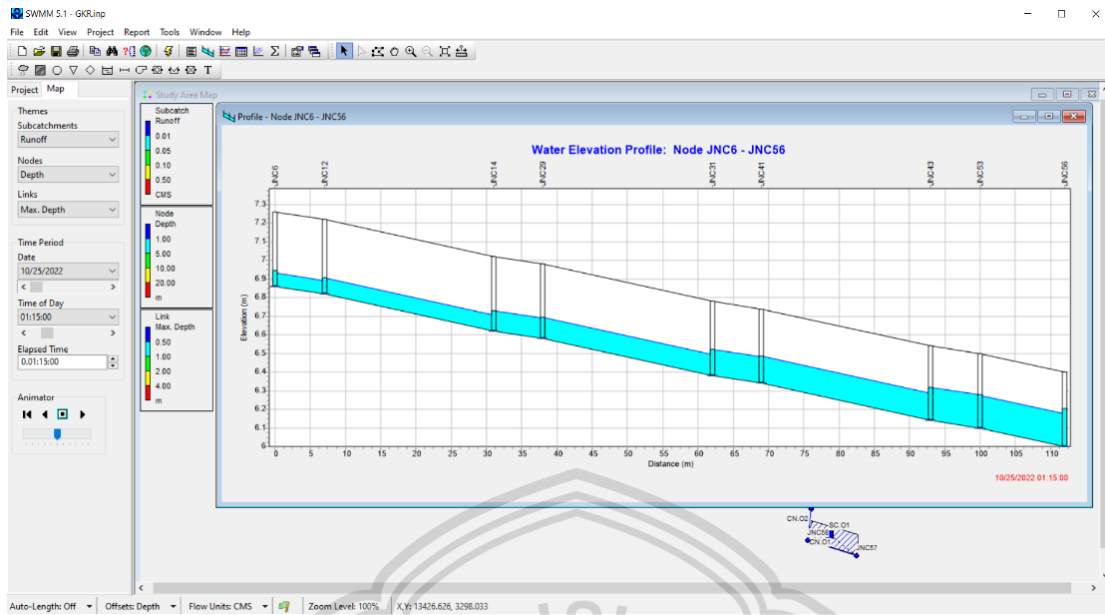
Tabel 4.34 Link Flow

Link	Type	Aliran	Aliran	Kecepatan	Aliran	Kedalaman
		Maksimum	maksimum	maksimum	maksimum	maksimum
		CMS	Pada jam ke	m/sec		
CN.D1	Conduit	0,007	01:04	0,55	0,13	0,24
CN.E1	Conduit	0,002	01:02	0,40	0,04	0,14
CN.D2	Conduit	0,007	01:04	0,55	0,13	0,24
CN.E2	Conduit	0,002	01:02	0,39	0,04	0,13
CN.G1	Conduit	0,008	01:04	0,55	0,14	0,25
CN.H2	Conduit	0,002	01:02	0,34	0,05	0,15
CN.G2	Conduit	0,008	01:04	0,59	0,13	0,24
CN.J1	Conduit	0,011	01:05	0,61	0,21	0,31
CN.K1	Conduit	0,002	01:02	0,38	0,04	0,14

Link	Type	Aliran	Aliran	Kecepatan	Aliran	Kedalaman
		Maksimum	maksimum	maksimum	maksimum	maksimum
		CMS	Pada jam ke	m/sec		
CN.J2	Conduit	0,008	01:05	0,55	0,14	0,25
CN.K2	Conduit	0,002	01:02	0,38	0,04	0,14
CN.L1	Conduit	0,002	01:01	0,37	0,03	0,12
CN.O1	Conduit	0,001	01:01	0,33	0,03	0,11
CN.O2	Conduit	0,001	01:02	0,40	0,02	0,10
CN.SK.2A	Conduit	0,010	01:05	0,71	0,07	0,17
CN.SK.2B	Conduit	0,018	01:05	0,95	0,09	0,21
CN.SK.2C	Conduit	0,025	01:04	0,91	0,16	0,27
CN.SK.2D	Conduit	0,032	01:05	1,13	0,17	0,28
CN.SK.2E	Conduit	0,040	01:04	1,05	0,25	0,34
CN.SK.2F	Conduit	0,051	01:05	1,28	0,27	0,35
CN.SK.2G	Conduit	0,059	01:05	1,16	0,37	0,42
CN.SK.2H	Conduit	0,070	01:05	1,40	0,37	0,42
CN.SK.1A	Conduit	0,002	01:02	0,51	0,01	0,08
CN.SK.1D	Conduit	0,009	01:03	0,68	0,06	0,16
CN.SK.1E	Conduit	0,011	01:03	0,83	0,06	0,16
CN.SK.1F	Conduit	0,013	01:03	0,77	0,09	0,20
CN.M1	Conduit	0,011	01:06	0,64	0,19	0,30
CN.N1	Conduit	0,003	01:02	0,41	0,05	0,15
CN.SK.1G	Conduit	0,016	01:03	1,07	0,07	0,18
CN.SK.2I	Conduit	0,070	01:05	1,16	0,47	0,49
CN.P	Conduit	0,085	01:08	0,95	0,03	0,17
CN.C1	Conduit	0,004	01:03	0,49	0,06	0,16
CN.C2	Conduit	0,004	01:03	0,49	0,06	0,17
CN.L2	Conduit	0,004	01:02	0,48	0,06	0,16
CN.I1	Conduit	0,008	01:04	0,52	0,15	0,26
CN.I2	Conduit	0,004	01:04	0,48	0,07	0,18
CN.F2	Conduit	0,004	01:03	0,46	0,07	0,18
CN.F1	Conduit	0,004	01:03	0,49	0,07	0,18
CN.B1	Conduit	0,010	01:05	0,64	0,17	0,28
CN.O3	Conduit	0,003	01:02	0,50	0,05	0,16
CN.H1	Conduit	0,002	01:02	0,34	0,05	0,15
CN.SK.1B	Conduit	0,004	01:02	0,55	0,03	0,12
CN.SK.1C	Conduit	0,007	01:03	0,71	0,04	0,13
CN.A1	Conduit	0,007	01:04	0,59	0,11	0,22

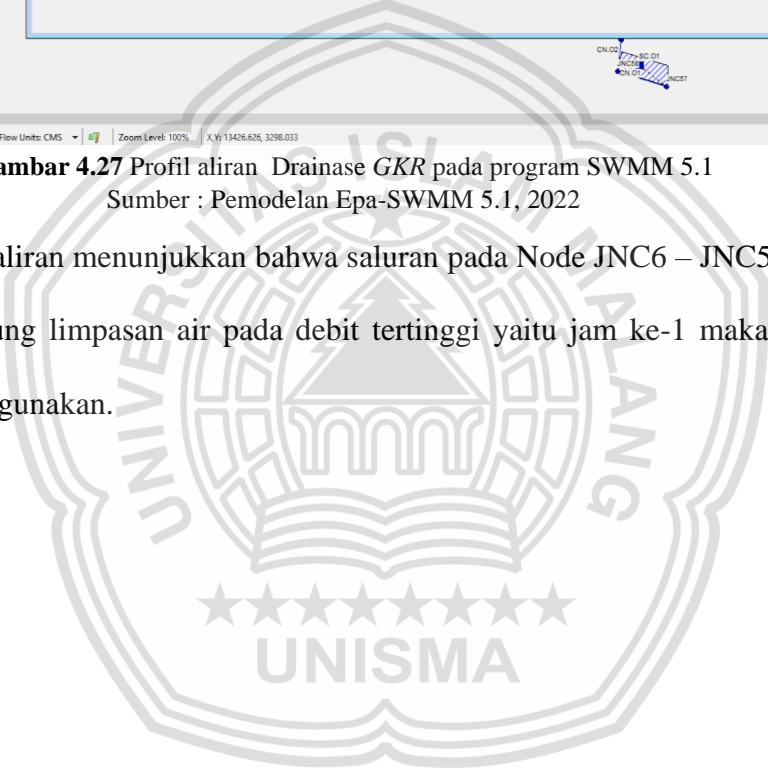
Sumber : Hasil Pengolahan data SWMM 5.1 dan Excel, 2022

### 3. Profil Aliran



**Gambar 4.27** Profil aliran Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC6 – JNC56 masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 maka saluran aman untuk digunakan.





## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Curah hujan rancangan pada perumahan Gresik Kota Raya dalam kala ulang 5 tahun yaitu sebesar 82,67 mm.
2. Debit banjir rencana di area Perumahan Gresik Kota Raya terbesar pada drainase tersier yaitu pada titik M.1 dengan debit 0,0287 m<sup>3</sup>/dtk dan pada titik SK.2 pada saluran sekunder yaitu sebesar 0,1651 m<sup>3</sup>/dtk pada saluran Primer Sebesar 0,2519 m<sup>3</sup>/dtk.
3. Dimensi penampang pada saluran drainase Gresik Kota Raya yaitu sebesar 0,3 m dengan debit maksimum 0,0598 m<sup>3</sup>/dtk pada saluran tersier dan 0,4 m dengan debit maksimum 0,1703 m<sup>3</sup>/dtk pada saluran sekunder dan pada saluran primer dengan diameter 0,6 x 0,9 dan tinggi muka air 0,7 didapatkan debit maksimum 0,6957 m<sup>3</sup>/dtk.
4. Perencanaan arah sistem drainase pada perumahan Gresik Kota Raya yaitu dari elevasi tertinggi yaitu 8m pada saluran O.A sampai elevasi terendah 5m pada outlet.
5. Hasil pemodelan Epa SWMM pada perumahan Gresik Kota Raya yaitu intensitas hujan tertinggi terjadi pada jam ke -1 dan dimensi saluran drainase mampu menampung debit banjir rencana.

## 5.2 Saran

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan aplikasi lain seperti Hec-RAS, Hec-HMS dan lain sebagainya untuk perbandingan hasil dari penggunaan aplikasi dalam merencanakan saluran drainase.
2. Pada Penelitian selanjutnya bisa menerapkan drainase ramah lingkungan guna mendukung program lingkungan hijau.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. I. M., Badriani, R. E., & Yunarni, W. (2019). *Perencanaan Drainase Pada Pembangunan Perumahan Istana Kaliwates Residence*.
- Budiman, Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2021). *Studi Evaluasi Sistem Drainase Di Kecamatan Sukomanunggal Kota Surabaya*. Jurnal Rekayasa Sipil.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Perencanaan Sistem Drainase Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Hasmar, H. (2011). *Drainase Terapan*. UII Press.
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O. T., & Effendi, R. (2018). *Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase (Review)*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil.
- Hermawan, R. R., Anwar, N., & Maulana, M. A. (2018). *Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Grand Pakuwon Surabaya*.
- KEPMEN No.403/KPTS/M/. (2002). *Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Sederhana Sehat*. Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia.
- Kusuma, W. I., & Sarwono, B. (2016). *Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo*.
- Kuswicaksono, A. P., & sutoyo. (2016). *Evaluasi Dan Perencanaan Saluran Drainase Di Perumahan Puri Kintamani, Cilebut, Bogor Dengan Menggunakan Program SWMM*.
- Loebis, J. (1984). *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*. Departemen Pekerjaan Umum.
- PERMEN PU RI No.12/PRT/M/. (2014). *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Purwandani, S. C., & Lasminto, U. (2018). *Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Sukolilo Park Regency Di Surabaya Timur*.
- Putri, H. P., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2018). *Studi Evaluasi Saluran Drainase Di Kecamatan Tarakan Tengah Kota Tarakan*.
- Rachmawati, A. (2010). *Aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografis) Untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Di SUB DAS Lowokwaru Kota Malang*. Jurnal Rekayasa Sipil, 4, 13.
- Rozaqi, F., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2021). *Studi Perencanaan Sumur Resapan Sebagai Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Kepanjenkidul Kota Blitar*.
- Safitri, H., Suprpto, B., & Rachmawati, A. (2021). *Studi Evaluasi Sistem Drainase Di Wilayah Kecamatan Kaimana Kota Kaimana Papua Barat*.

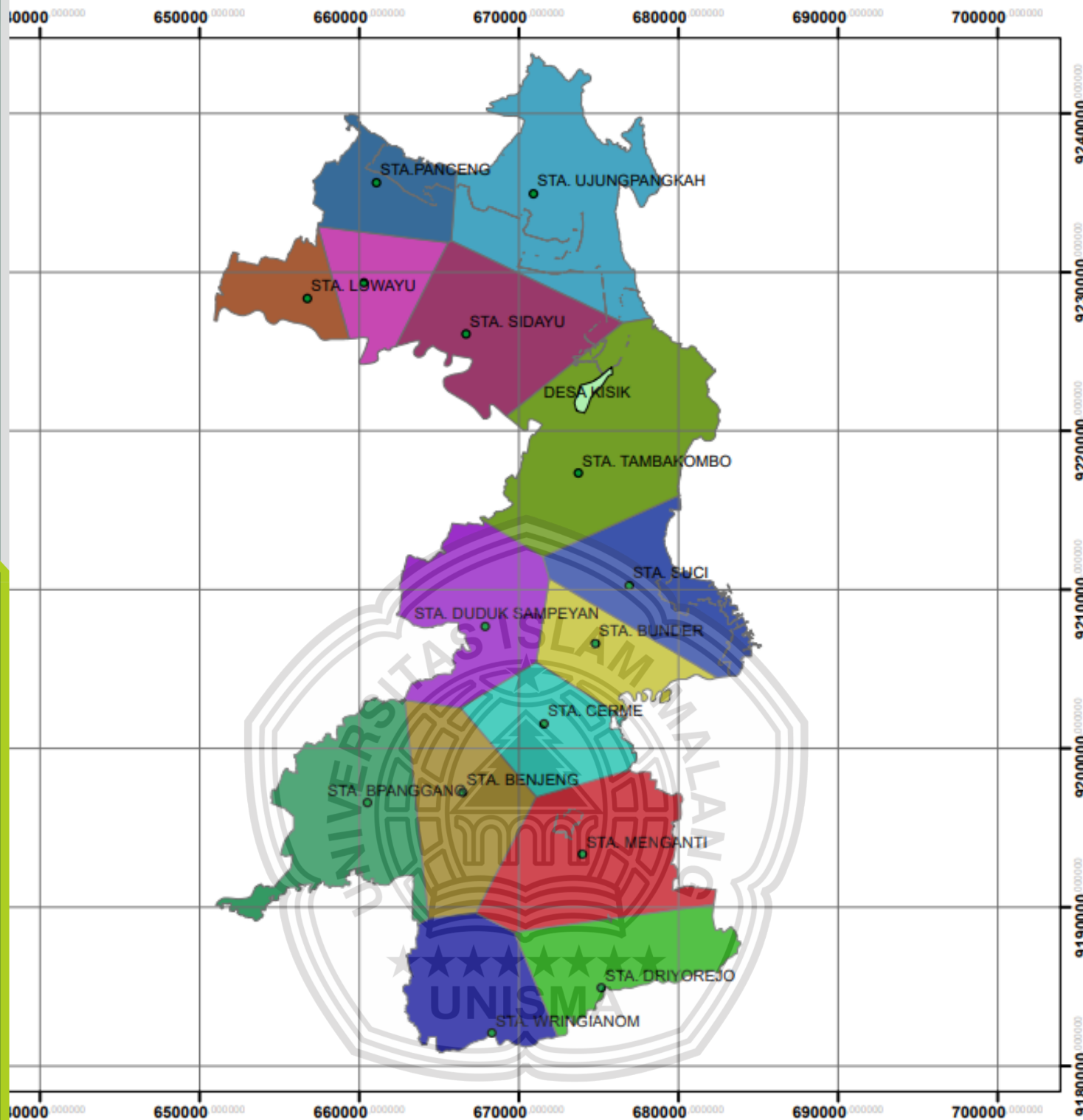
- SNI-67281. (2015). *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam*. Badan Standardisasi Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita.
- Suripin. (2004). *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Andi.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.





**LAMPIRAN**





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

NAMA PETA

TITIK STASIUN HUJAN GRESIK

JUDUL PENELITIAN

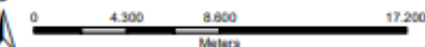
STUDY PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA SWMM 5.1  
PADA PERUMAHAN GKR ( Gresik Kota Raya )

DIBUAT OLEH :

Abdullah Musthofainal Akhyar  
21701051003



SKALA = 1:350.000



LEGENDA

- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| STA BPANGGANG     | STA BUNDER  |
| STA MENGANTI      | STA CERME   |
| STA DRIYOREJO     | STA SIDAYU  |
| STA DUDUKSAMPEYAN | STA SUCI    |
| STA TAMBAKOMBO    | STA LOWAYU  |
| STA UJUNGPANGKAH  | STA BENJENG |
| STA WRINGINANOM   |             |
| STA MENTARAS      |             |
| STA PANGENG       |             |

DIAGRAM LOKASI  
DAS BENGAWAN SOLO





660000 000000

670000 000000

680000 000000

9240000 000000

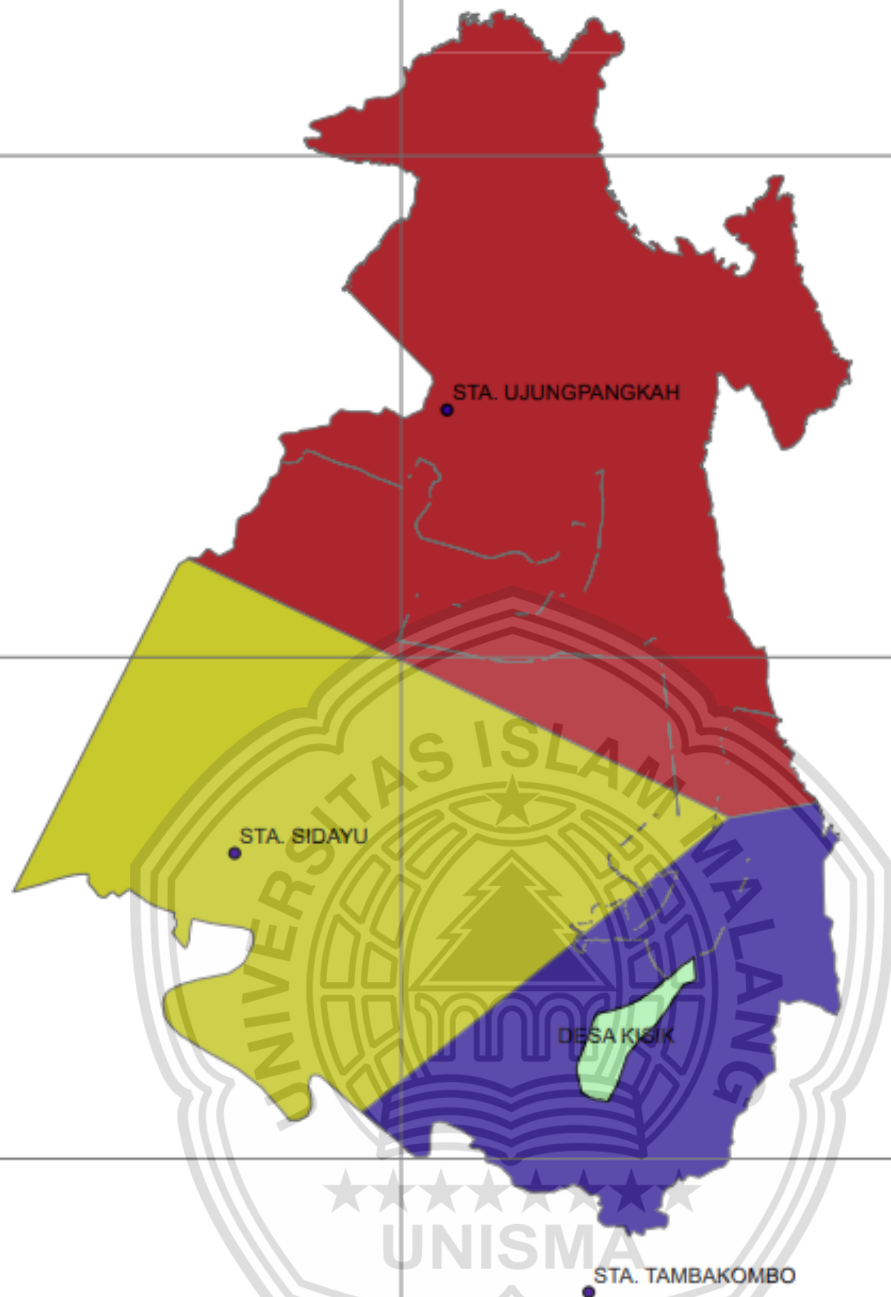
9230000 000000

9220000 000000

660000 000000

670000 000000

680000 000000



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

NAMA PETA

TITIK STASIUN HUJAN GRESIK

JUDUL PENELITIAN

STUDY PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA SWMM 5.1  
PADA PERUMAHAN GKR ( Gresik Kota Raya )

DIBUAT OLEH :

Abdullah Musthofainal Akhyar  
21701051003



SKALA = 1:150.000



LEGENDA

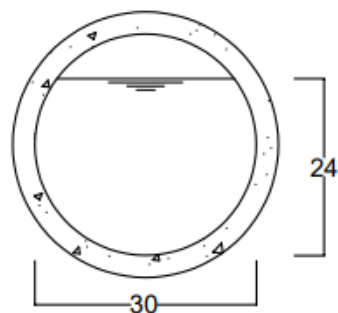
- kisik
- STA. TAMBAKOMBO
- STA. SIDAYU
- STA. UJUNGPANGKAH

DIAGRAM LOKASI  
DAS BENGAWAN SOLO

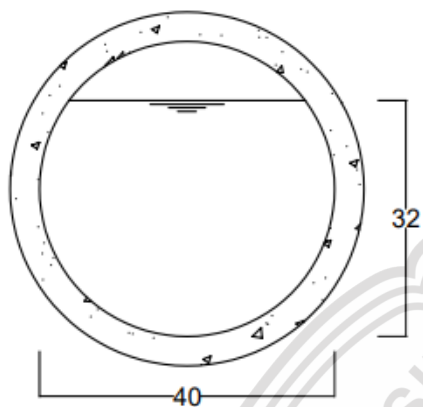




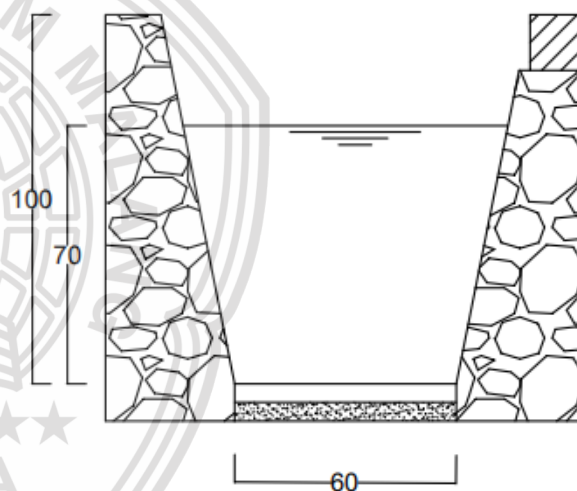
UTARA



PENAMPANG SALURAN TERSIER  
SKALA 1: 10



PENAMPANG SALURAN SEKUNDER  
SKALA 1: 10



PENAMPANG SALURAN PRIMER  
SKALA 1: 20



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

PENAMPANG SALURAN DRAINASE  
GKR

LOKASI

DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH

ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

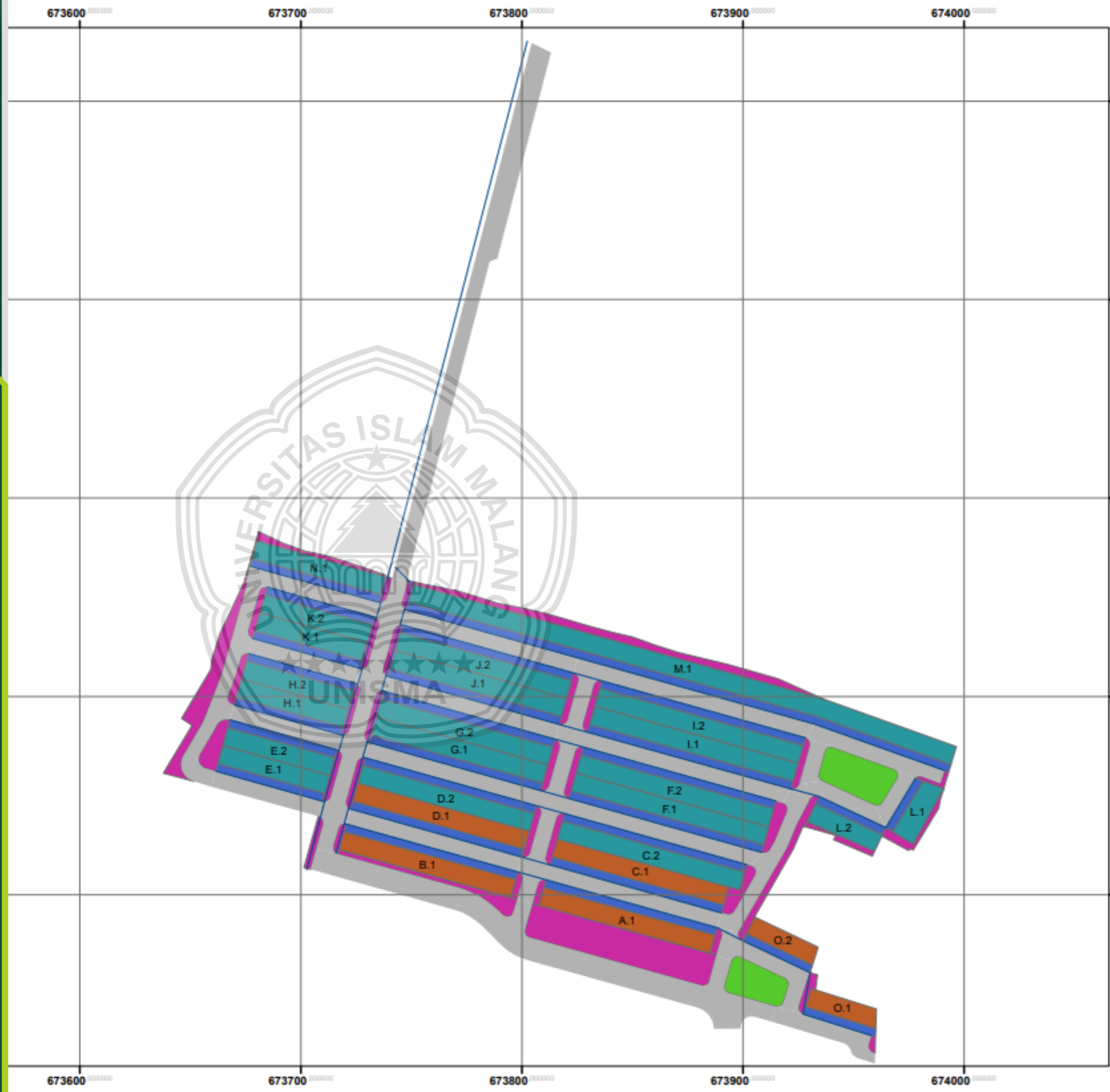
DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1


Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

CATATAN :





**TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

---

**NAMA PETA**

TATA GUNA LAHAN PERUMAHAN GKR

---

**JUDUL PENELITIAN**

STUDY PERENCANAAN SALURAN DRAINASE DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM EPA SWMM 5.1  
PADA PERUMAHAN GKR ( Gresik Kota Raya )

---

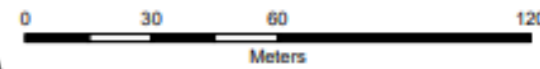
**DIBUAT OLEH :**

Abdullah Musthofainal Akhyar  
21701051003

---

U  
↑

**SKALA = 1:1.800**



Meters


---

**LEGENDA**

- Saluran
- 30/60
- 36/72
- Taman
- GSB
- Tanah
- Paving

---

DIAGRAM LOKASI  
PERUMAHAN GRESIK KOTA RAYA







TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

ARAH SALURAN DRAINASE GRESIK  
KOTA RAYA

SKALA 1: 1500

LOKASI

DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH

ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

CATATAN :

- KONTUR
- SALURAN PRIMER
- SALURAN SEKUNDER
- SALURAN TERSIER
- BAK KONTROL



ARAH DRAINASE GRESIK KOTA RAYA  
SKALA 1: 1500





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

RENCANA DRAINASE GRESIK KOTA RAYA  
RAYA KLASTER PESONA RAYA

SKALA 1: 1500

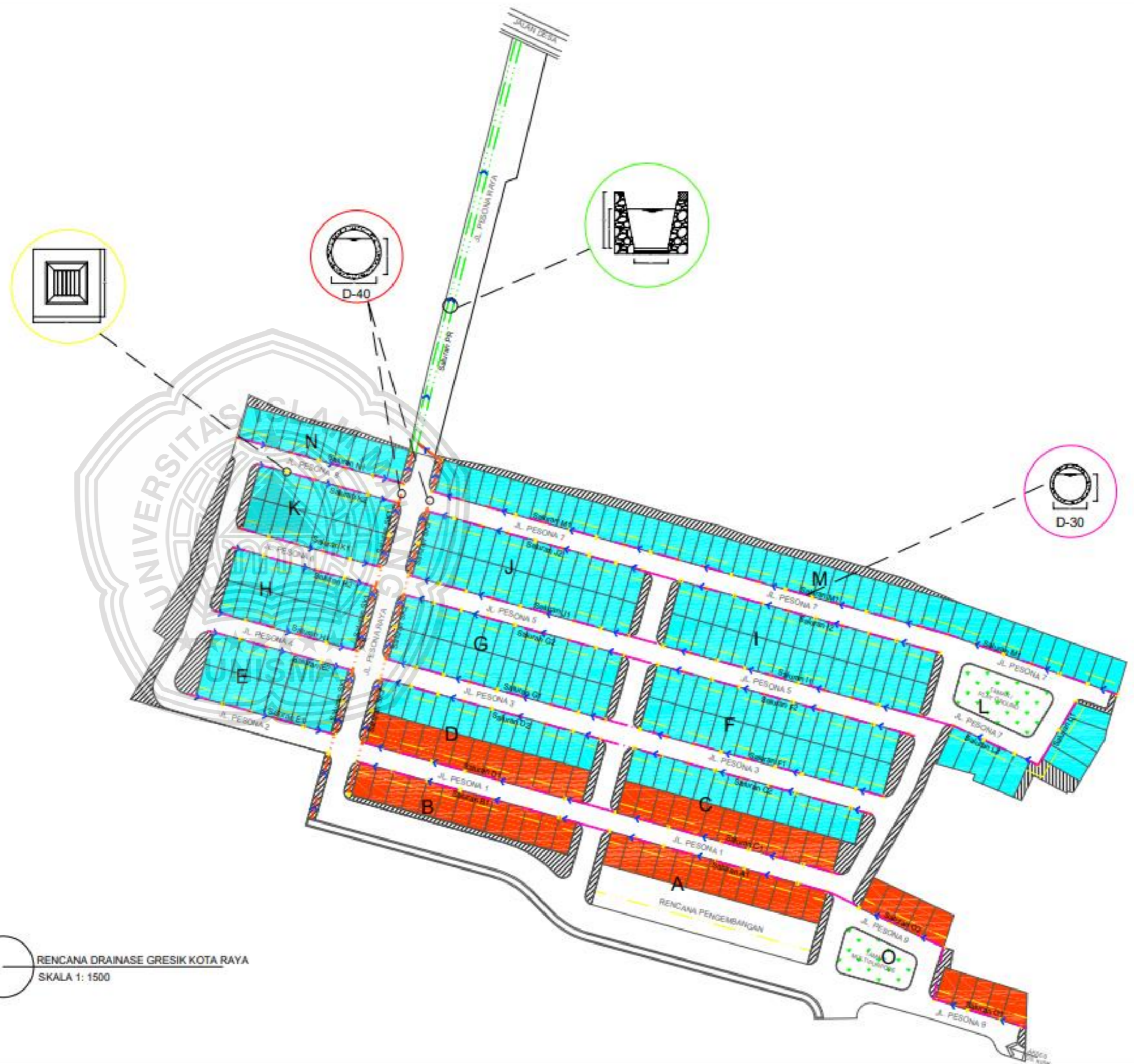
LOKASI  
DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH  
ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1  
Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

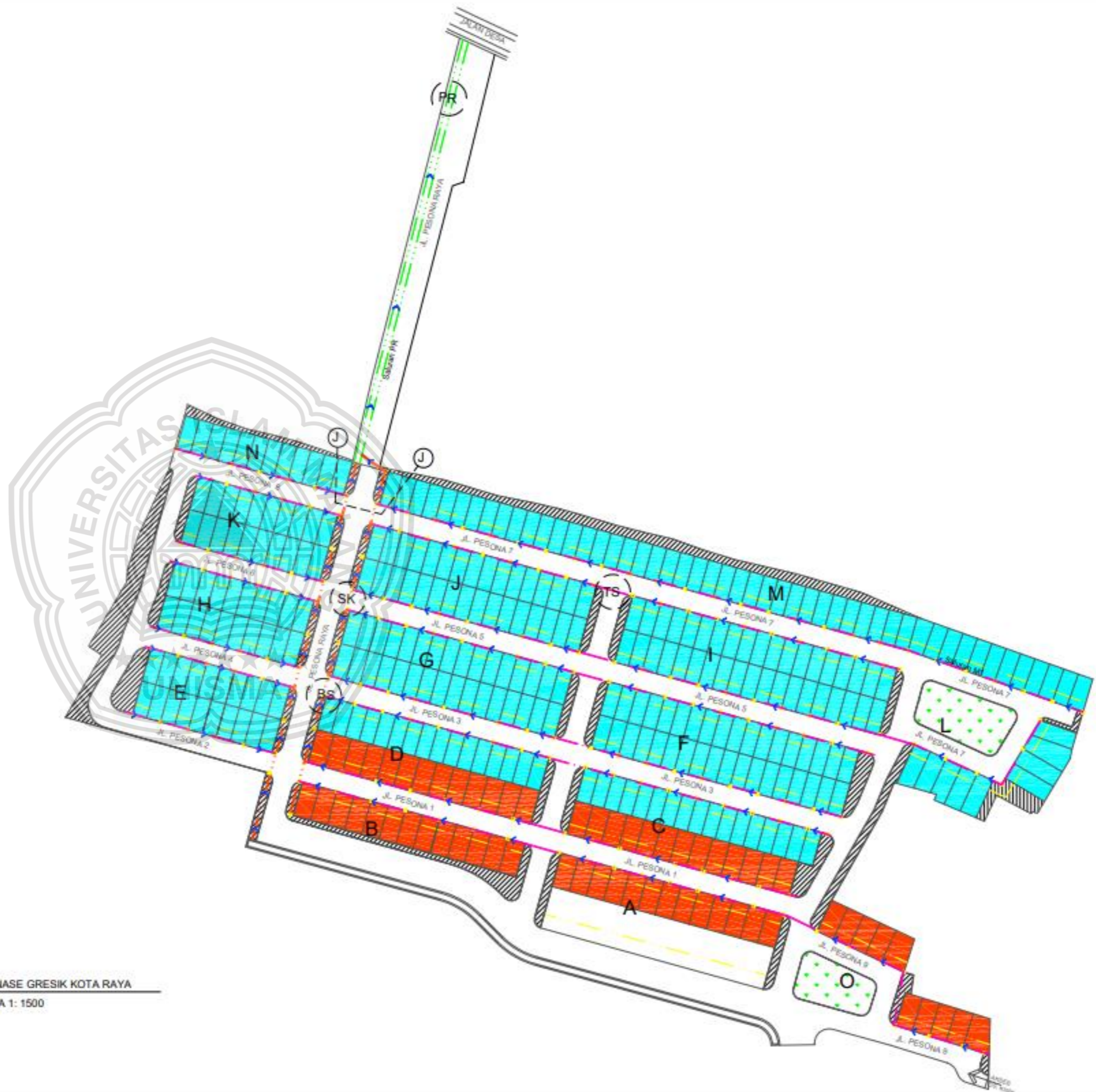
DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2  
Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

- CATATAN :
- RUMAH TYPE 36/72
  - RUMAH TYPE 30/60
  - TAMAN / MULTIPURPOSE
  - GARIS SEMPATAN BANGUNAN
  - SALURAN PRIMER
  - SALURAN SEKUNDER
  - SALURAN TERSIER
  - BAK KONTROL



RENCANA DRAINASE GRESIK KOTA RAYA  
SKALA 1: 1500





DRAINASE GRESIK KOTA RAYA  
SKALA 1: 1500



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

TATA GUNA LAHAN GRESIK KOTA RAYA  
RAYA KLASTER PESONA RAYA

SKALA 1: 1500

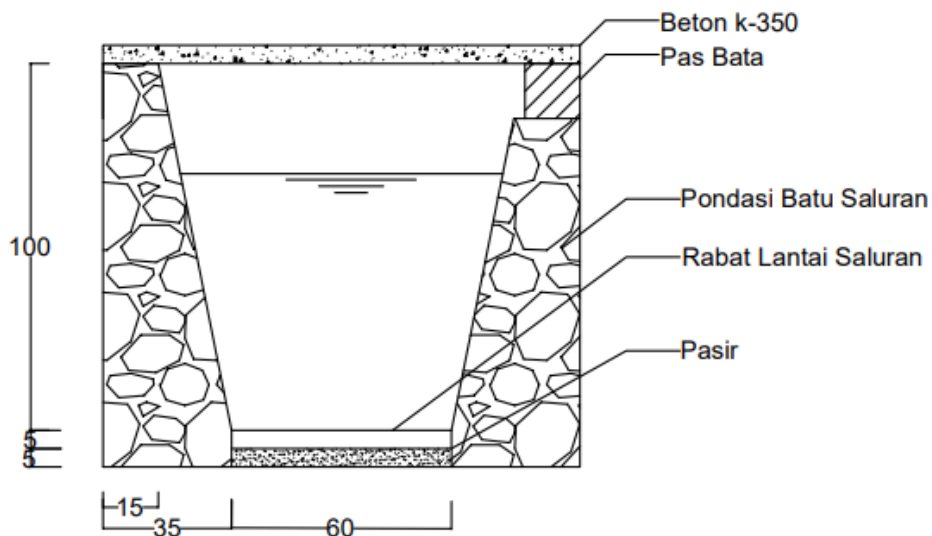
LOKASI  
DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH  
ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

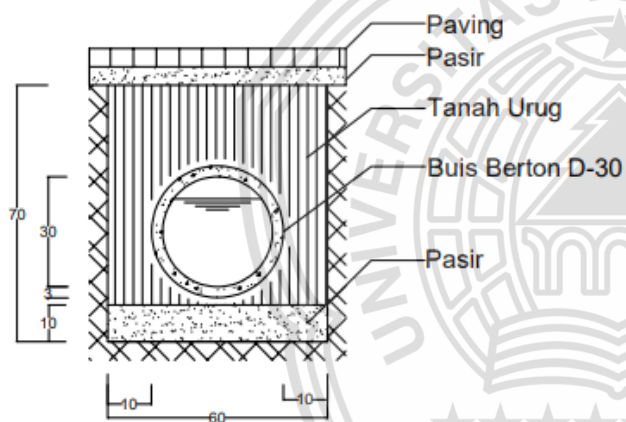
DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1  
Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T.

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2  
Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

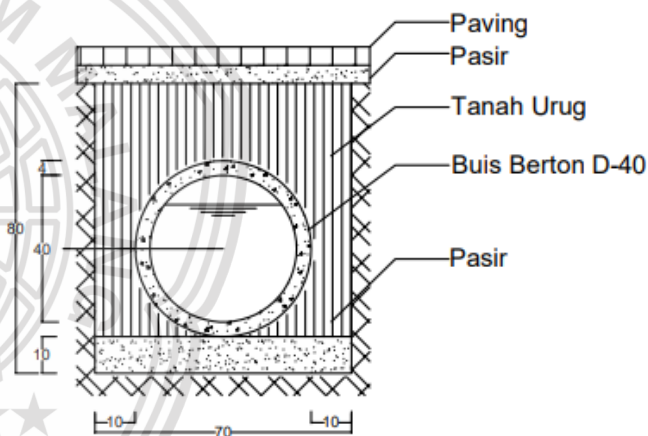
- CATATAN :
- RUMAH TYPE 36/72
  - RUMAH TYPE 30/60
  - TAMAN / MULTIPURPOSE
  - GARIS SEMPADAN BANGUNAN
  - SALURAN PRIMER
  - SALURAN SEKUNDER
  - SALURAN TERSIER
  - BAK KONTROL



DETAIL PR  
SKALA 1: 20



DETAIL TS  
SKALA 1: 20



DETAIL SK  
SKALA 1: 20



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

DETAIL PR, TS, SK  
DRAINASE GKR

SKALA 1: 20

LOKASI

DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH

ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1

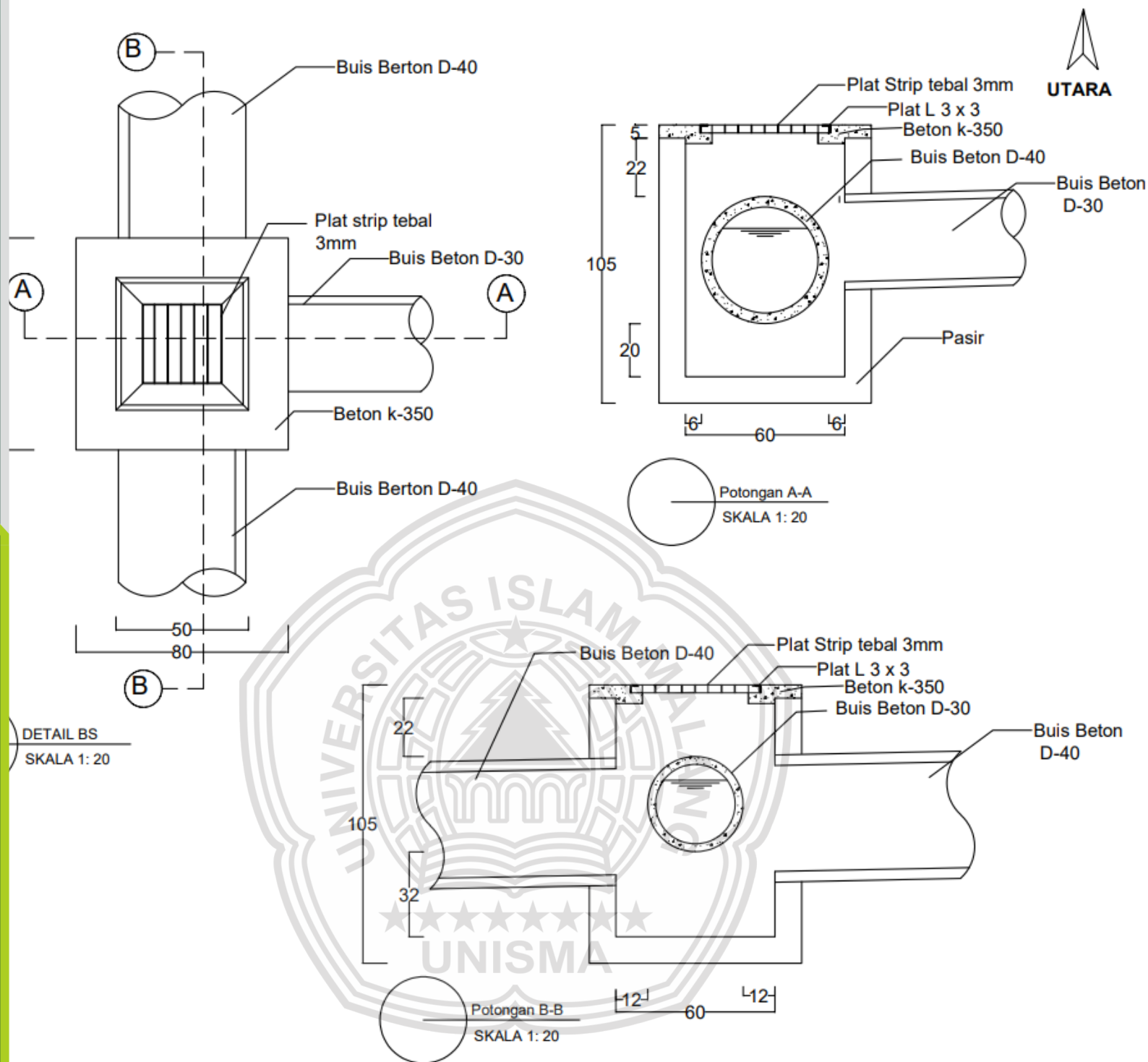
Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

CATATAN :





TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

DETAIL BS  
BERSERTA POTONGAN

SKALA 1: 20

LOKASI

DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH

ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

CATATAN :



TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG

POTONGAN J-J

SKALA 1: 300

LOKASI

DESA KISIK  
KECAMATAN BUNGAH  
KABUPATEN GRESIK

DIGAMBAR OLEH

ABDULLAH MUSTHOFAINAL AKHYAR  
21701051003

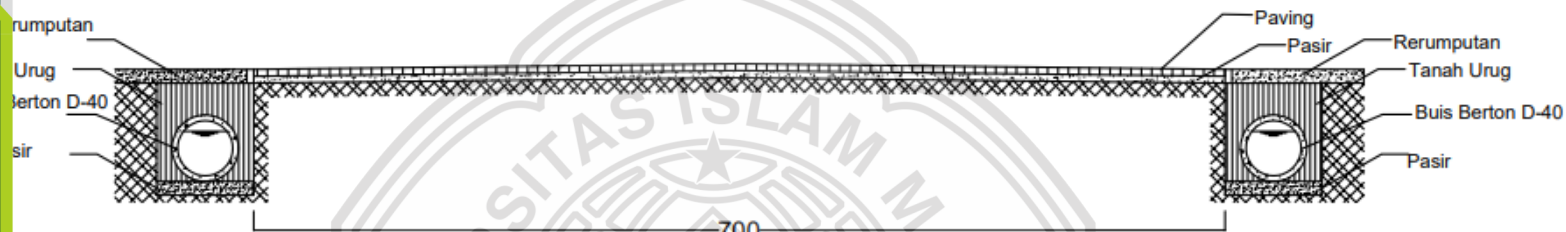
DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. BAMBANG SUPRAPTO, M.T

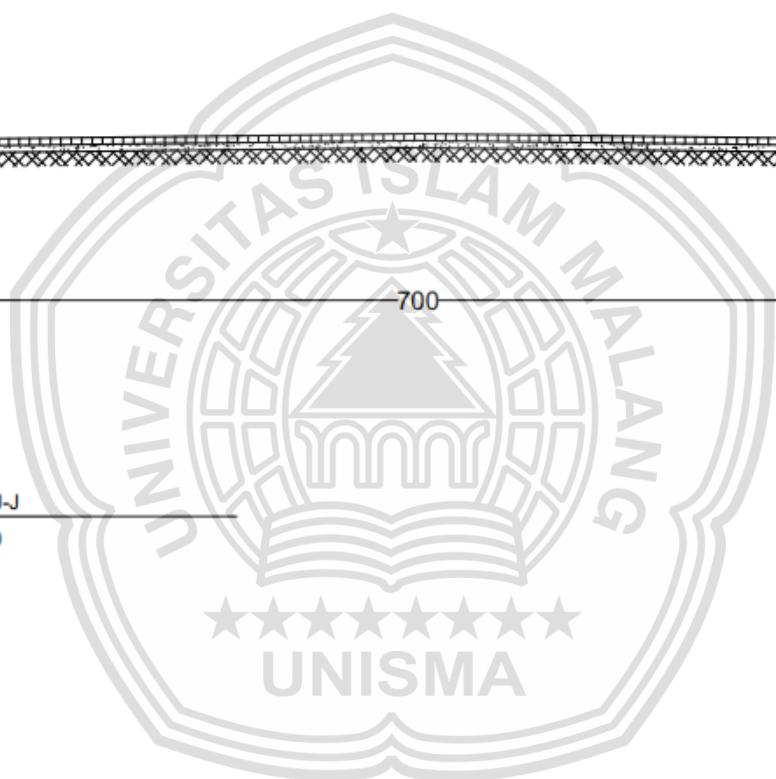
DIPERIKSA OLEH  
DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. AZIZAH ROKHMAWATI, S.T., M.T.

CATATAN :



POTONGAN J-J  
SKALA 1: 300





EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)

---

WARNING 01: wet weather time step reduced to recording interval for Rain Gage Rain1

\*\*\*\*\*

NOTE: The summary statistics displayed in this report are based on results found at every computational time step, not just on results from each reporting time step.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

Analysis Options

\*\*\*\*\*

Flow Units ..... CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

RDII ..... NO

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... NO

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... CURVE\_NUMBER

Flow Routing Method ..... KINWAVE

Starting Date ..... OCT-25-2022 00:00:00

Ending Date ..... OCT-25-2022 06:00:00

Antecedent Dry Days ..... 0.0

Report Time Step ..... 00:15:00

Wet Time Step ..... 00:30:00

Dry Time Step ..... 01:00:00

Routing Time Step ..... 30.00 sec

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation .....	0.178	50.200
Evaporation Loss .....	0.000	0.000
Infiltration Loss .....	0.088	24.779
Surface Runoff .....	0.090	25.350
Final Surface Storage ....	0.001	0.231
Continuity Error (%) .....	-0.320	



```

*****
Flow Routing Continuity          Volume      Volume
                                hectare-m   10^6 ltr
*****
Dry Weather Inflow .....      0.000      0.000
Wet Weather Inflow .....      0.084      0.841
Groundwater Inflow .....      0.000      0.000
RDII Inflow .....              0.000      0.000
External Inflow .....          0.000      0.000
External Outflow .....         0.082      0.820
Internal Outflow .....         0.000      0.000
Evaporation Loss .....        0.000      0.000
Exfiltration Loss .....        0.000      0.000
Initial Stored Volume ....     0.000      0.000
Final Stored Volume .....      0.002      0.021
Continuity Error (%) .....     0.070

```

```

*****
Highest Flow Instability Indexes
*****

```

```

Link CN.SK.2C (3)
Link CN.SK.2D (1)

```

```

*****
Routing Time Step Summary
*****

```

```

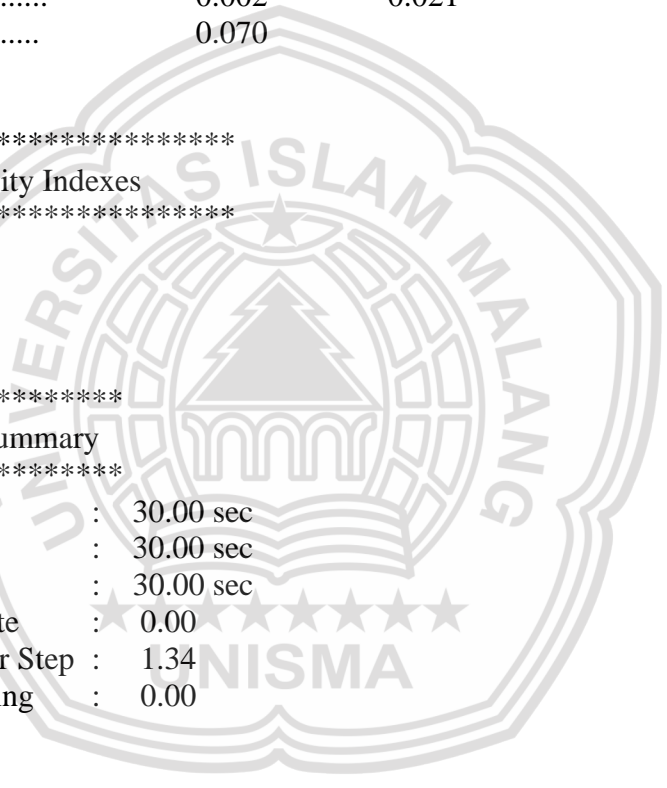
Minimum Time Step      : 30.00 sec
Average Time Step      : 30.00 sec
Maximum Time Step     : 30.00 sec
Percent in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 1.34
Percent Not Converging : 0.00

```

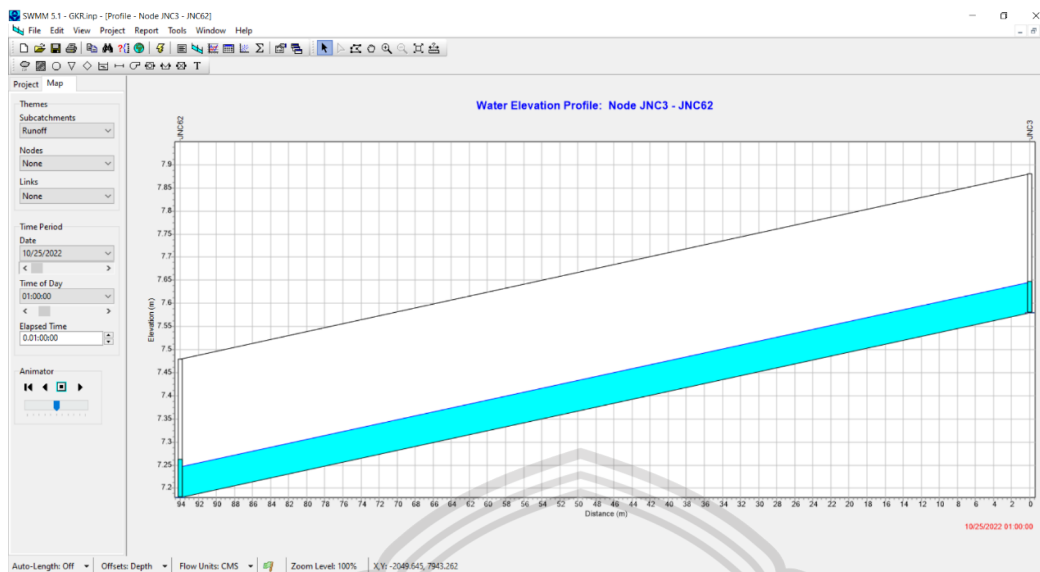
```

*****
Analysis begun on: Fri Nov 25 14:57:17 2022
Analysis ended on: Fri Nov 25 14:57:17 2022
Total elapsed time: < 1 sec

```

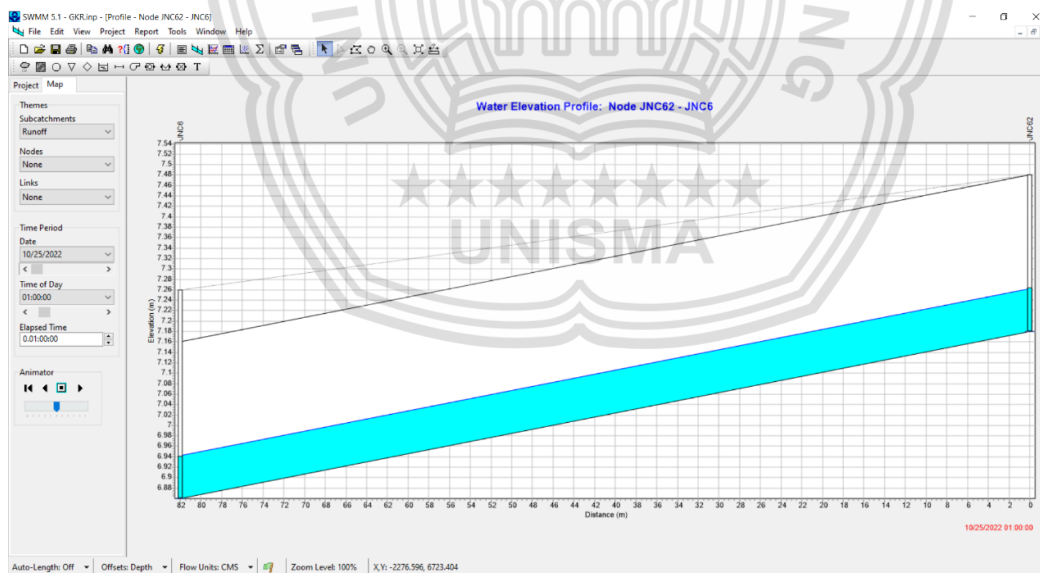


## Profil Aliran Saluran Gresik Kota Raya (Klaster Pesona Raya)



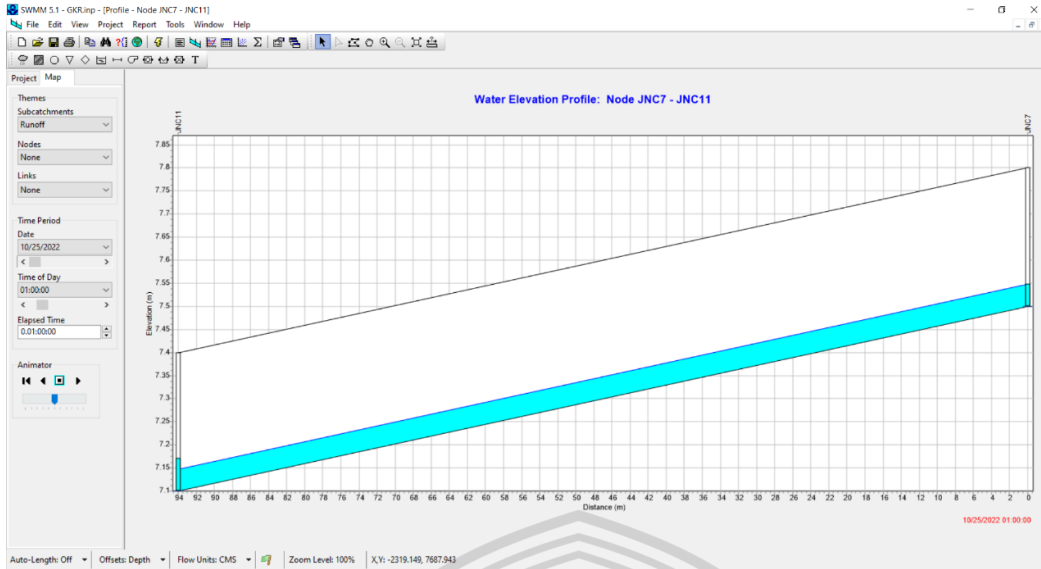
**Gambar 1.**Profil aliran Maksimal Saluran A1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC3 – JNC62 (Saluran A1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,09 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



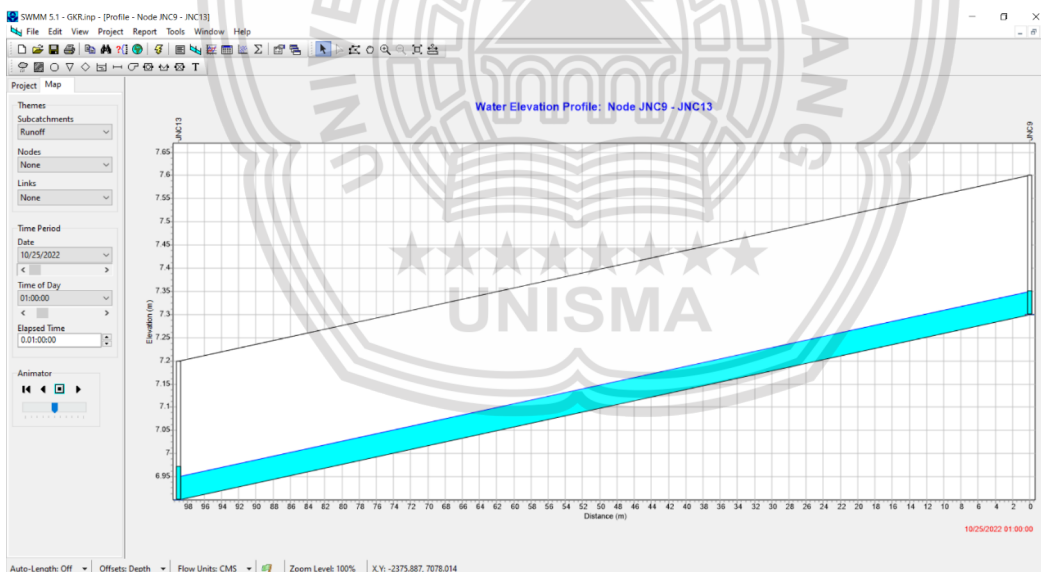
**Gambar 2.**Profil aliran Maksimal Saluran B1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC62 – JNC6 (Saluran B1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,08 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



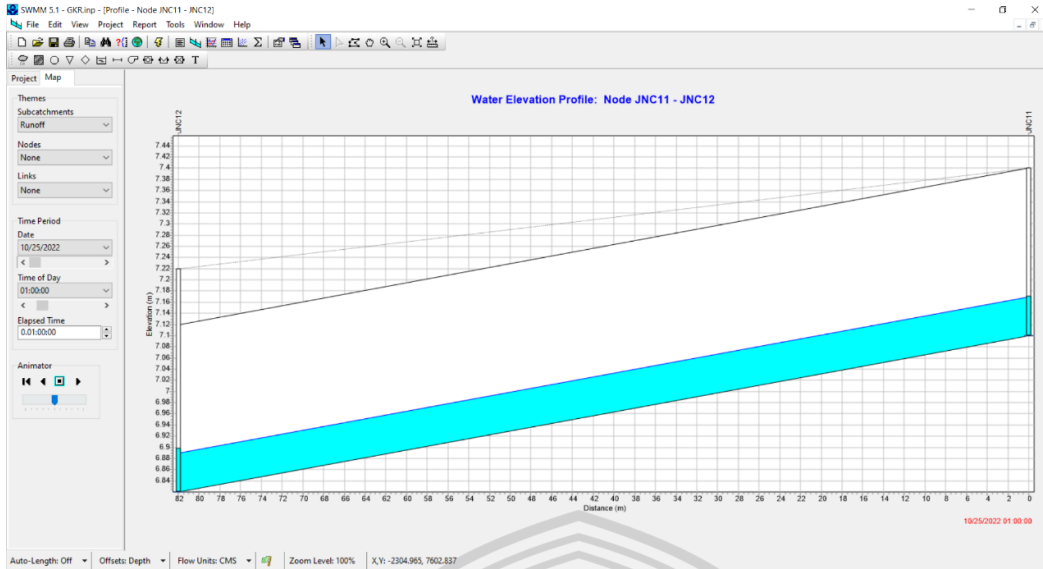
**Gambar 3.** Profil aliran Maksimal Saluran C1 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC7 – JNC11 (Saluran C1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,06 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



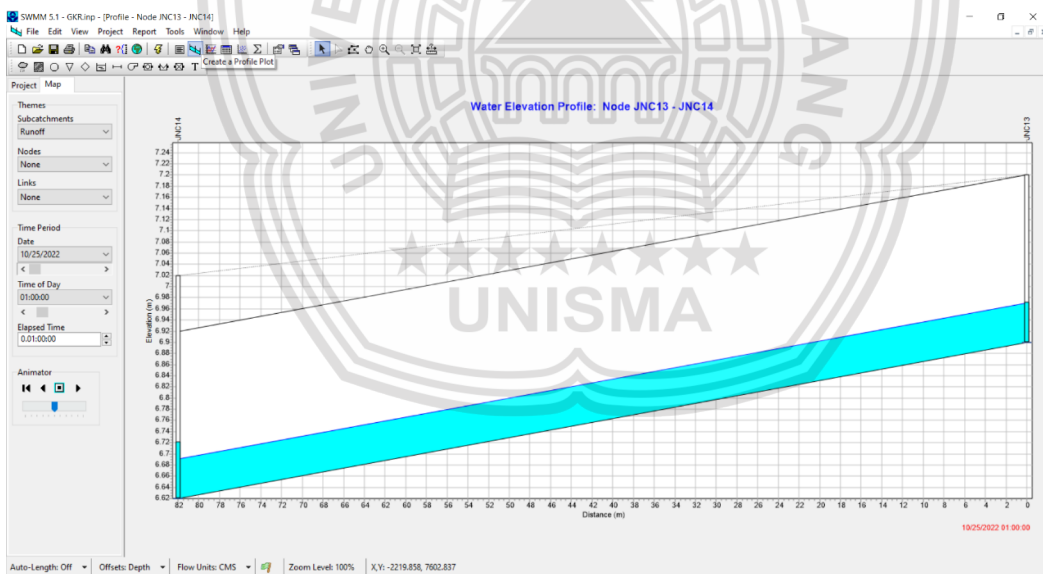
**Gambar 4.** Profil aliran Maksimal Saluran C2 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC9 – JNC13 (Saluran C2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,06 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 5.** Profil aliran Maksimal Saluran D1 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

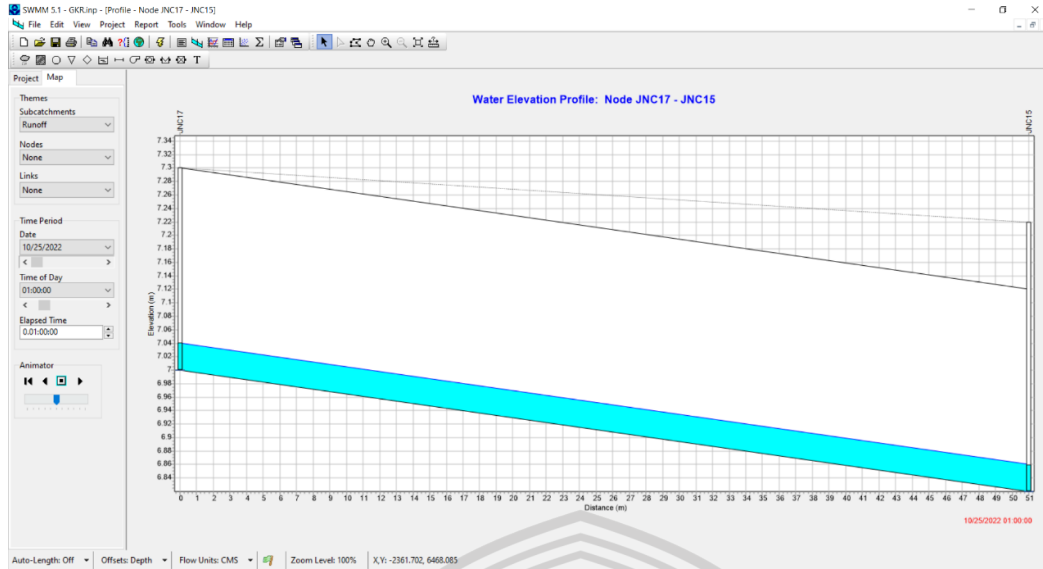
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC11 – JNC12 (Saluran D1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,08 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 6.** Profil aliran Maksimal Saluran D2 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

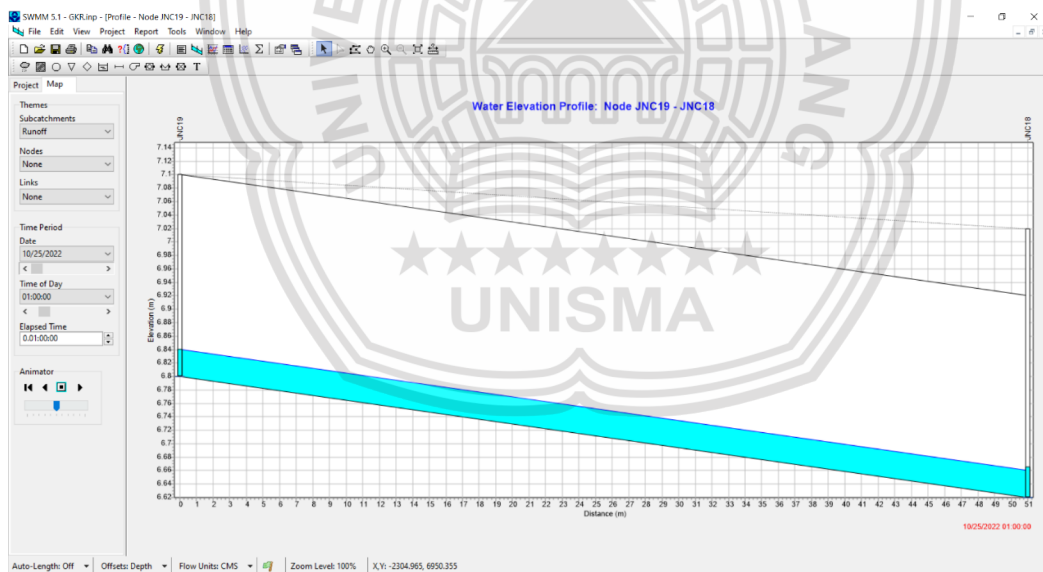
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC13 – JNC14 (Saluran D2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,09 m sehingga saluran aman untuk digunakan.





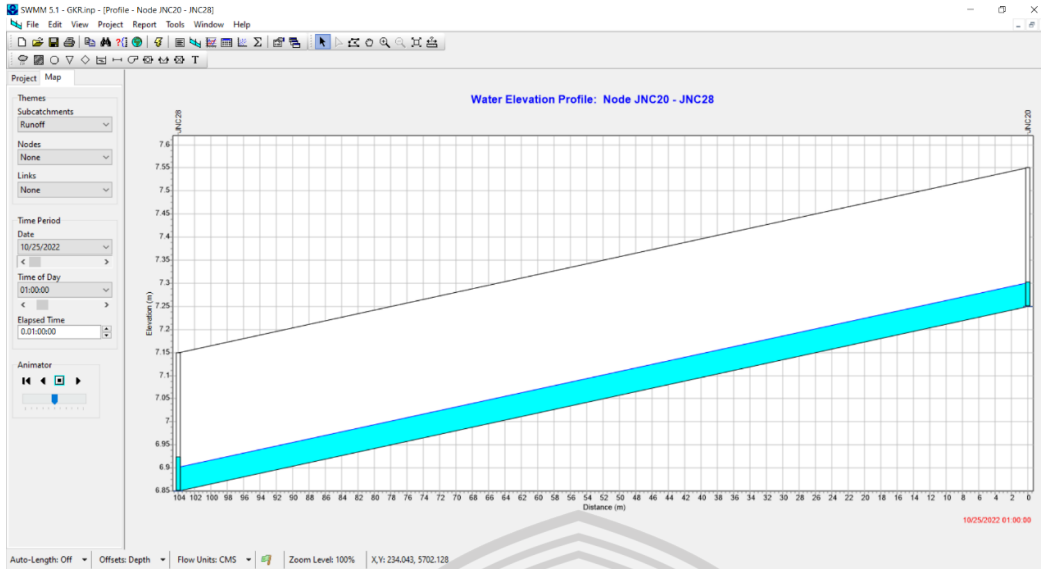
**Gambar 7.** Profil aliran Maksimal Saluran E1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC17 – JNC15 (Saluran E1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,04 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



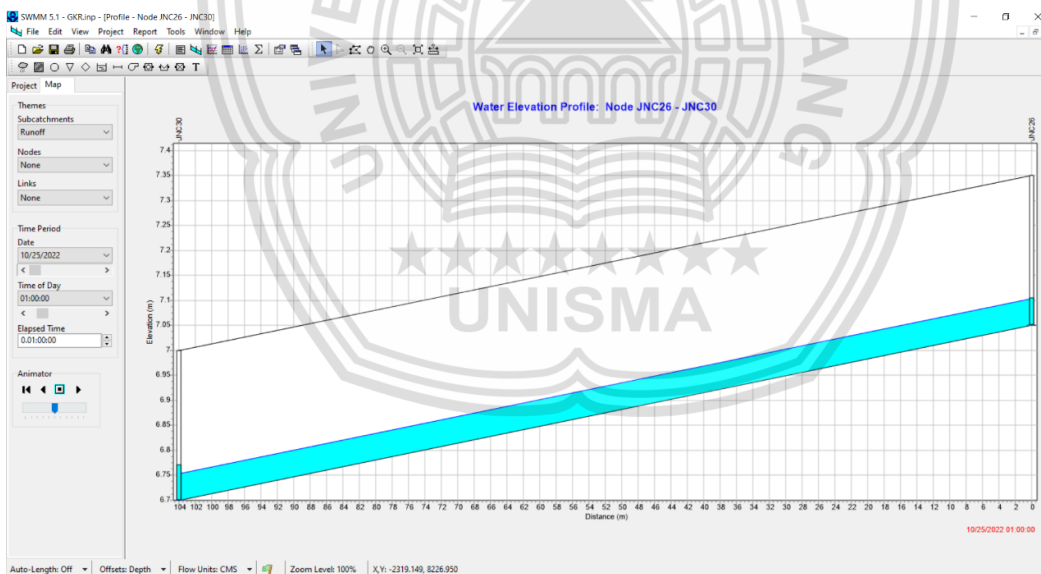
**Gambar 8.** Profil aliran Maksimal Saluran E2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC19 – JNC18 (Saluran E2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,04 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



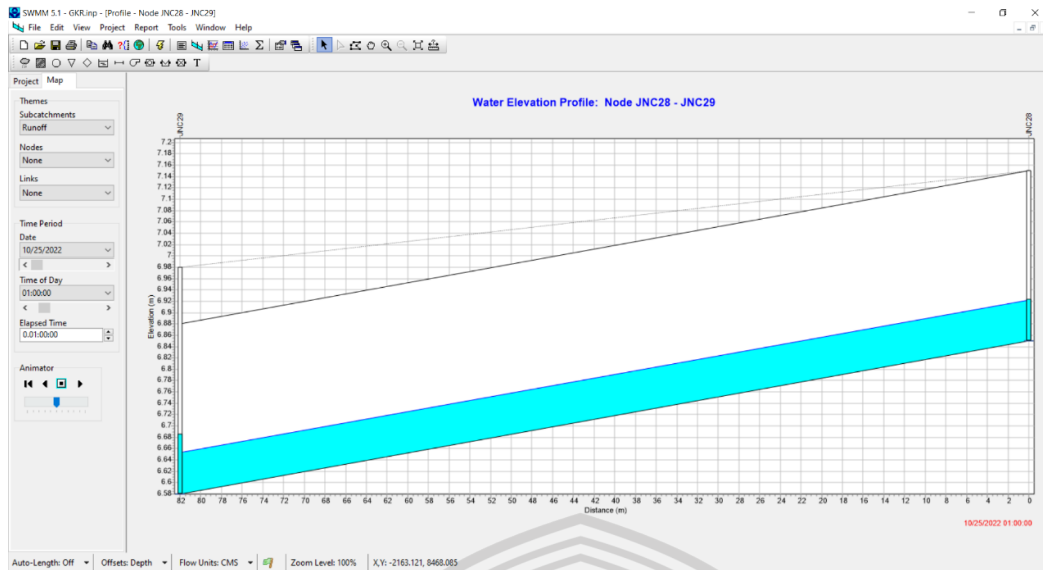
**Gambar 9.** Profil aliran Maksimal Saluran F1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC20 – JNC28 (Saluran F1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,07 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



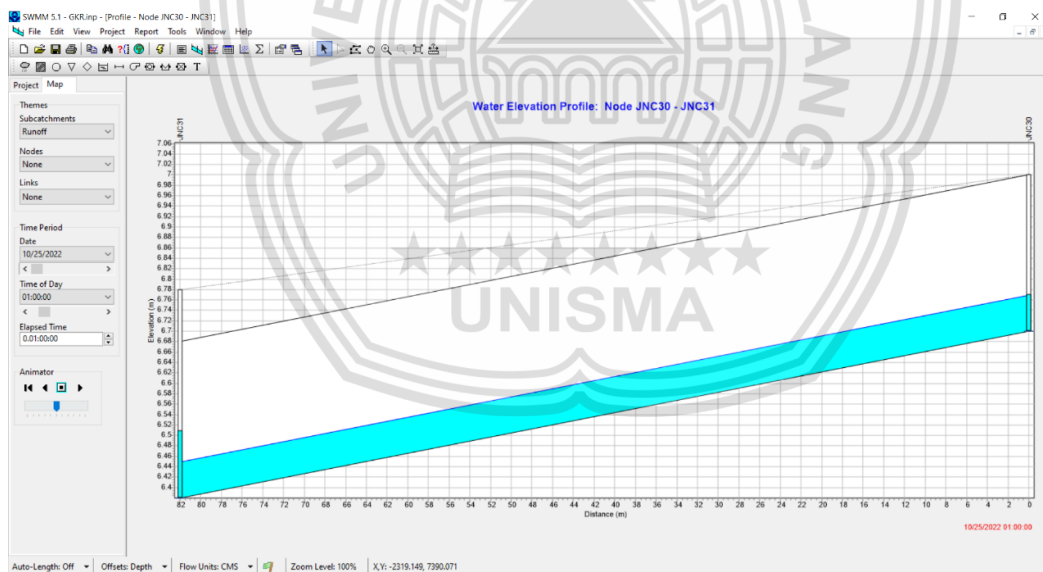
**Gambar 10.** Profil aliran Maksimal Saluran F2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC26 – JNC30 (Saluran F2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,07 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



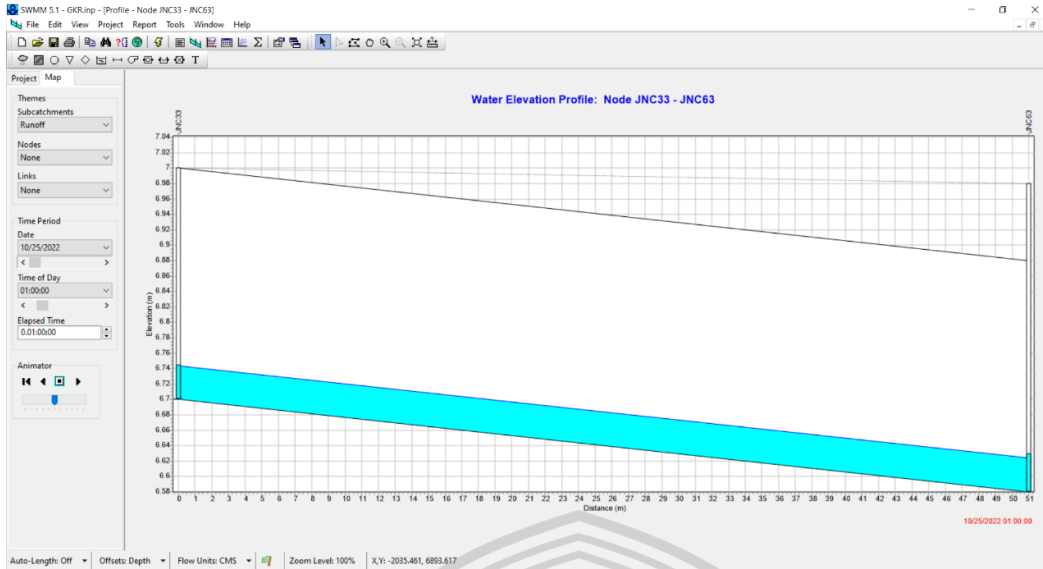
**Gambar 11.**Profil aliran Maksimal Saluran G1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC28 – JNC29 (Saluran G1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,10 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



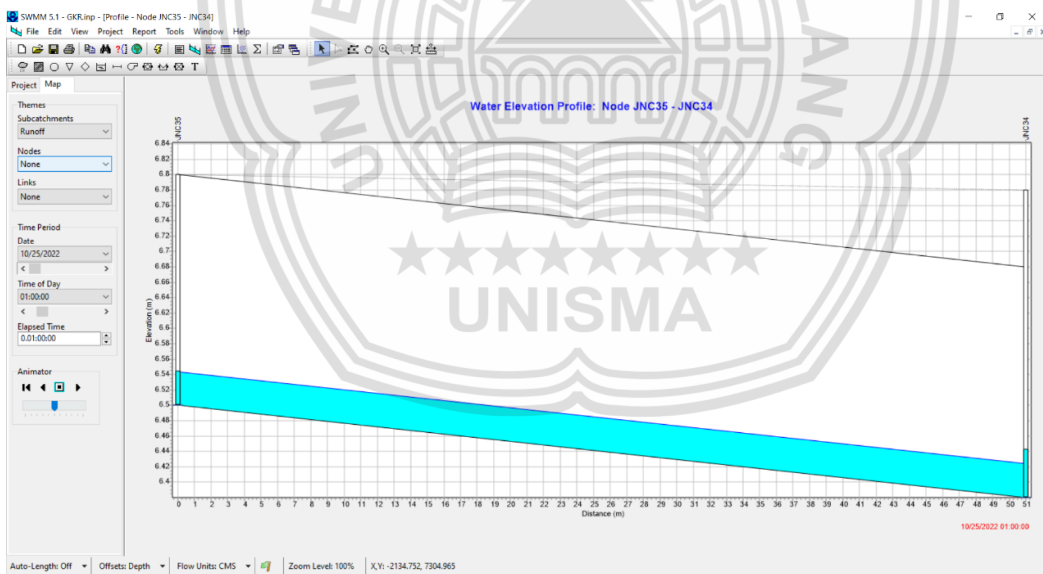
**Gambar 12.**Profil aliran Maksimal Saluran G2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC30 – JNC31 (Saluran G2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,13 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



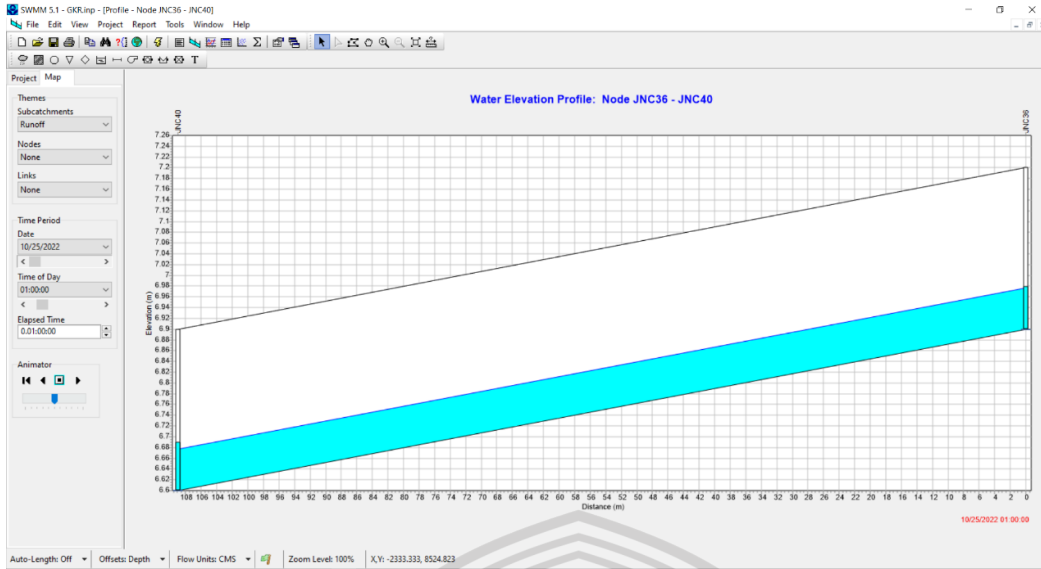
**Gambar 13.**Profil aliran Maksimal Saluran H1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC33 – JNC63 (Saluran H1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,05 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



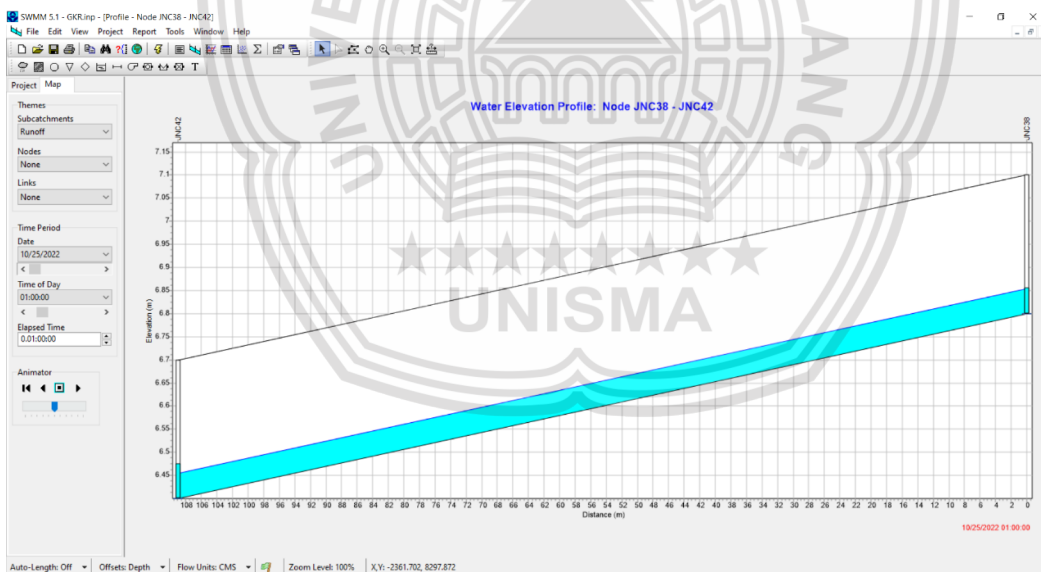
**Gambar 14.**Profil aliran Maksimal Saluran H2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC35 – JNC34 (Saluran H2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,05 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 15..**Profil aliran Maksimal Saluran I1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
 Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

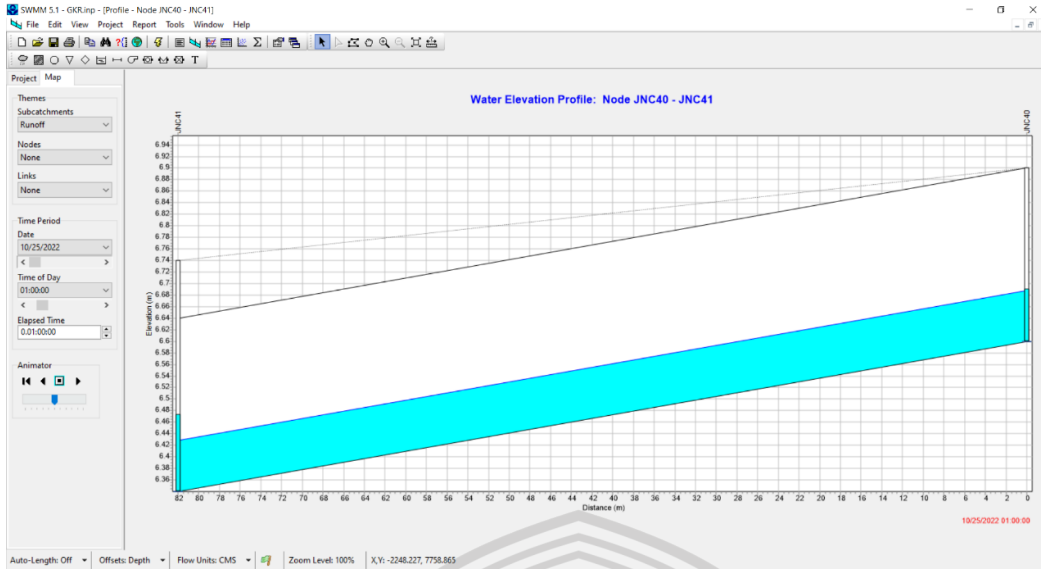
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC36 – JNC40 (Saluran I1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,09 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 16..**Profil aliran Maksimal Saluran I2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
 Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

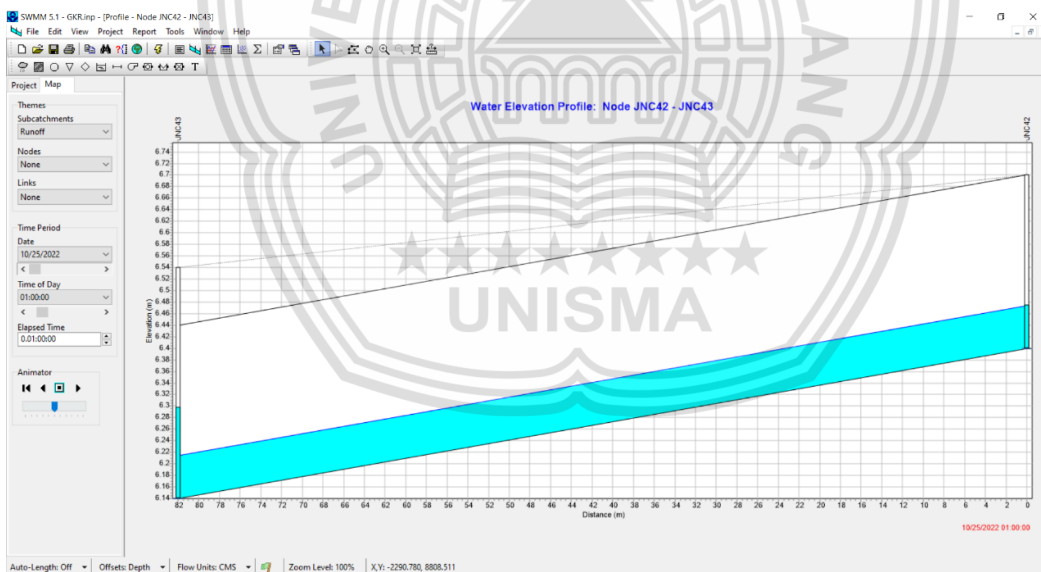
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC38 – JNC42 (Saluran I2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,07 m sehingga saluran aman untuk digunakan.





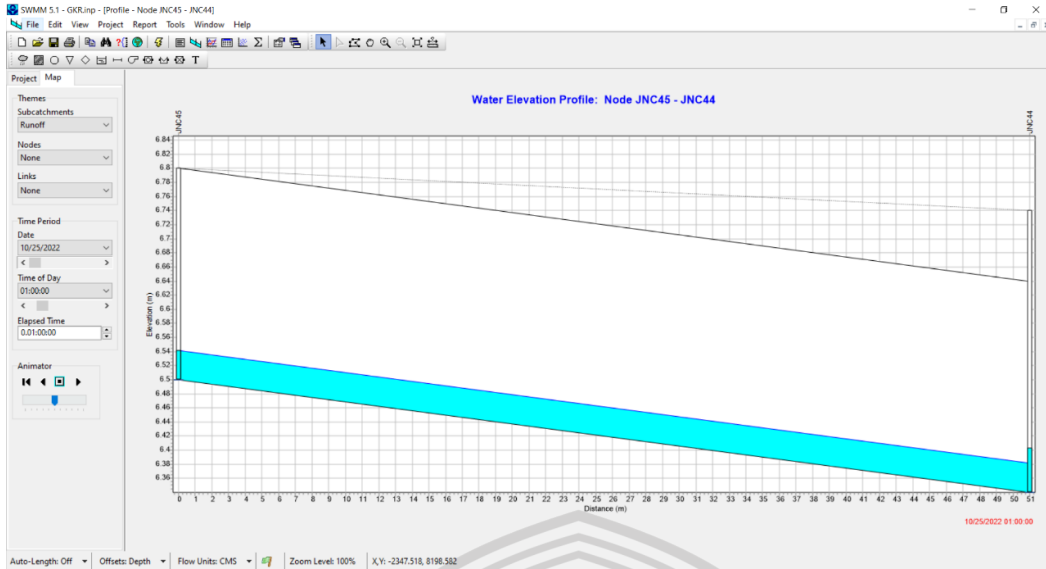
**Gambar 17..**Profil aliran Maksimal Saluran J1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC40 – JNC41 (Saluran J1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,14 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



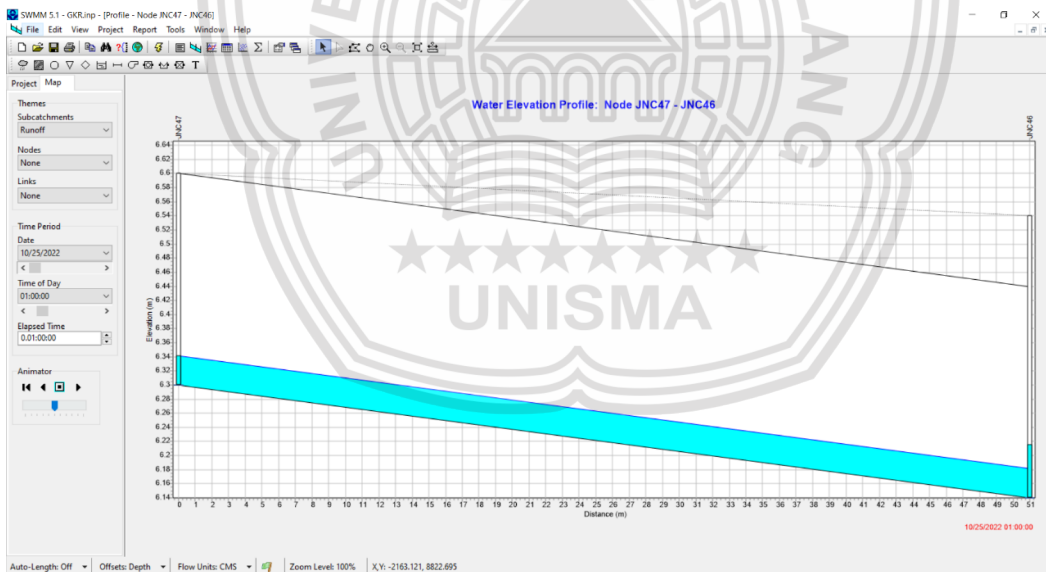
**Gambar 18..**Profil aliran Maksimal Saluran J2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC42 – JNC43 (Saluran J2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,16 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



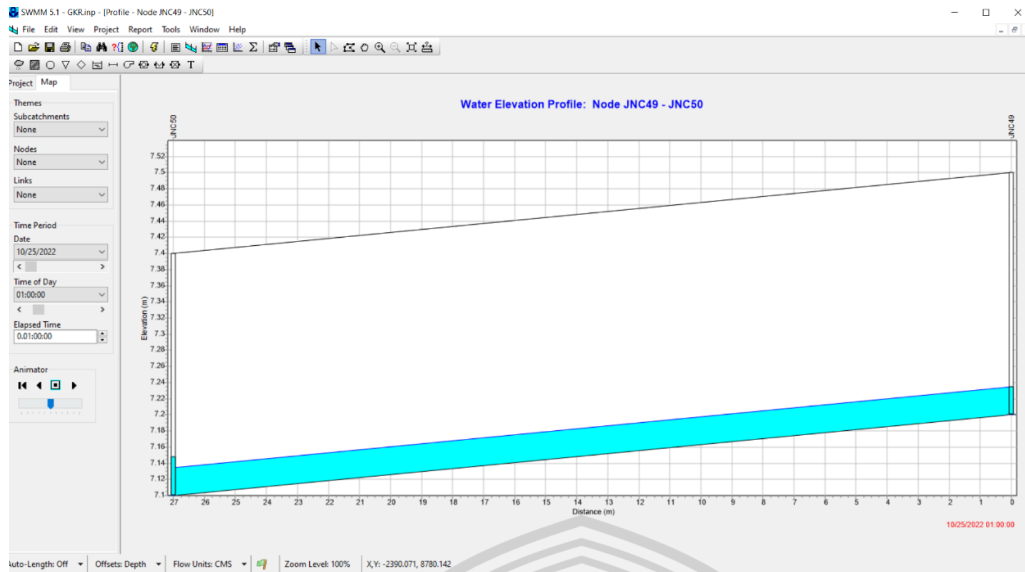
**Gambar 19.**Profil aliran Maksimal Saluran K1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC45 – JNC44 (Saluran K1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,04 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



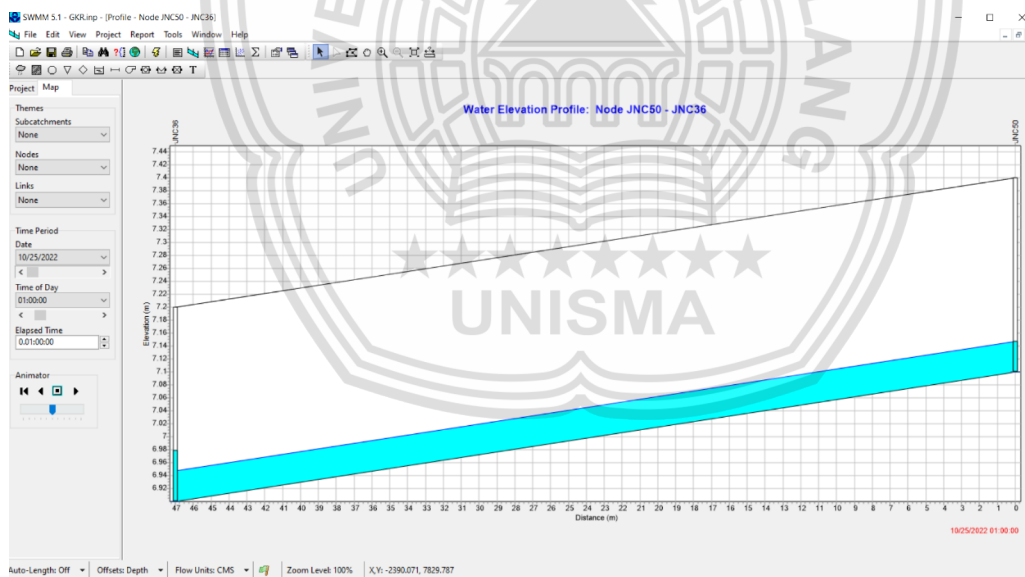
**Gambar 20.**Profil aliran Maksimal Saluran K2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC47 – JNC46 (Saluran K2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,04 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



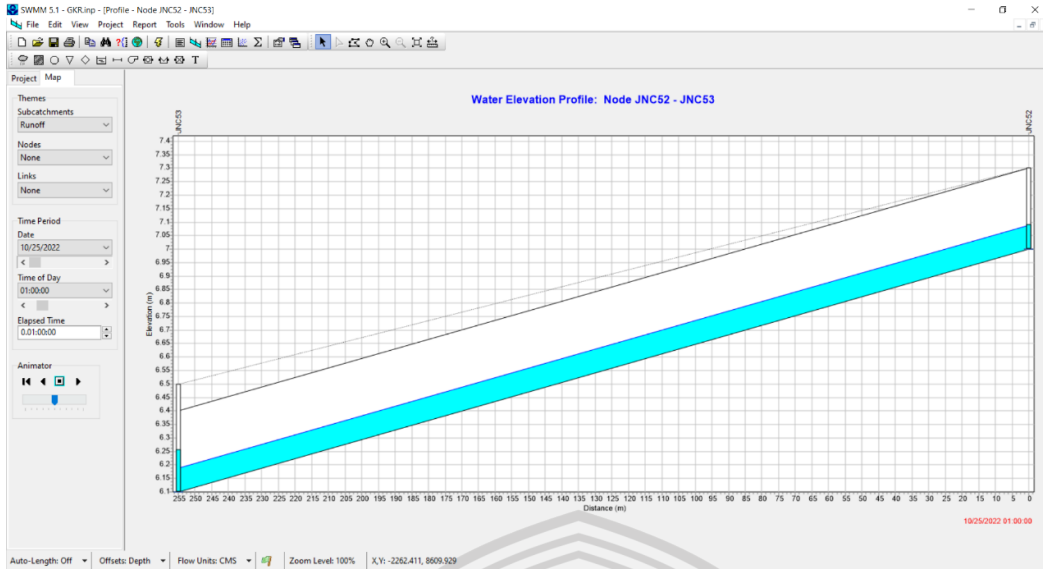
**Gambar 21.**Profil aliran Maksimal Saluran L1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC49 – JNC50 (Saluran L1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,05 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



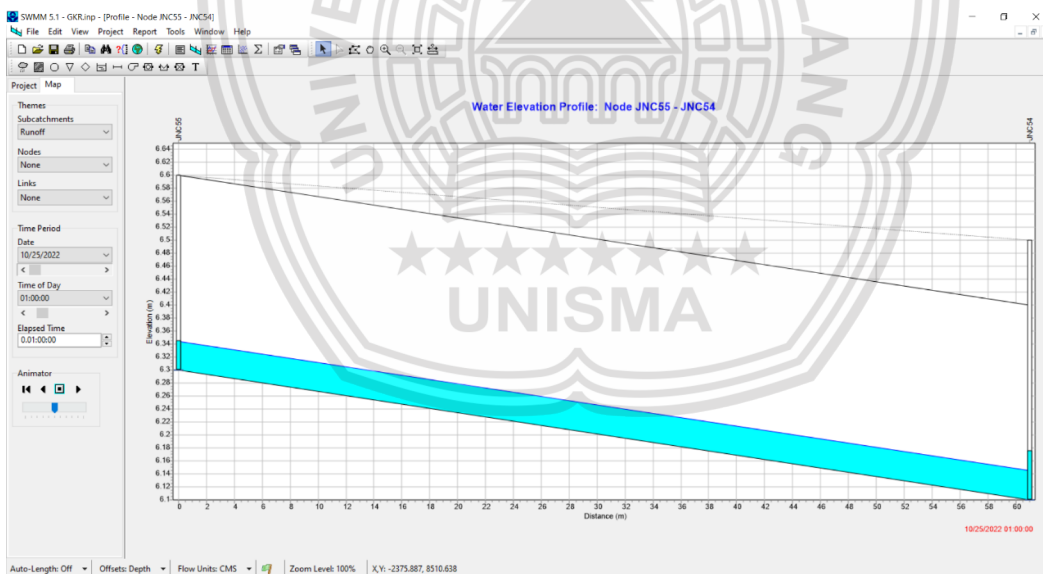
**Gambar 22.**Profil aliran Maksimal Saluran L2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC50 – JNC36 (Saluran L2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,08 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



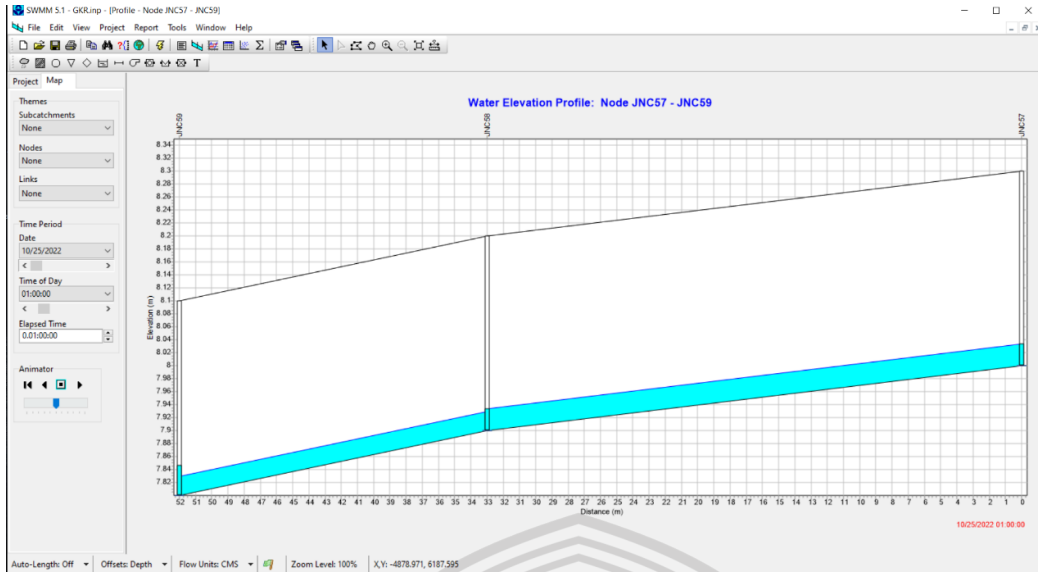
**Gambar 23.** Profil aliran Maksimal Saluran M1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC52 – JNC53 (Saluran M1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,15 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



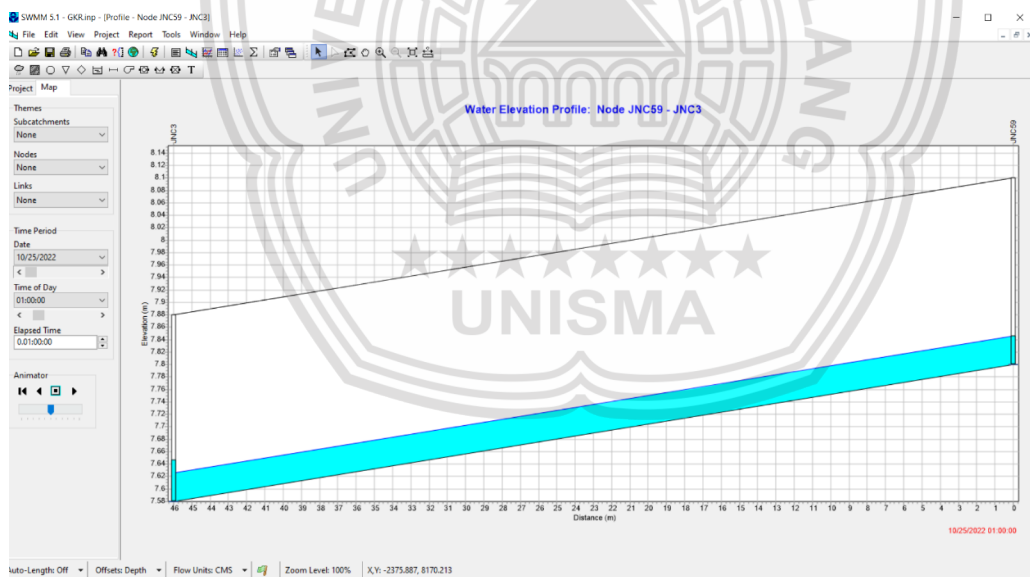
**Gambar 24.** Profil aliran Maksimal Saluran N1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC55 – JNC54 (Saluran N1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,04 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 25.** .Profil aliran Maksimal Saluran O1 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

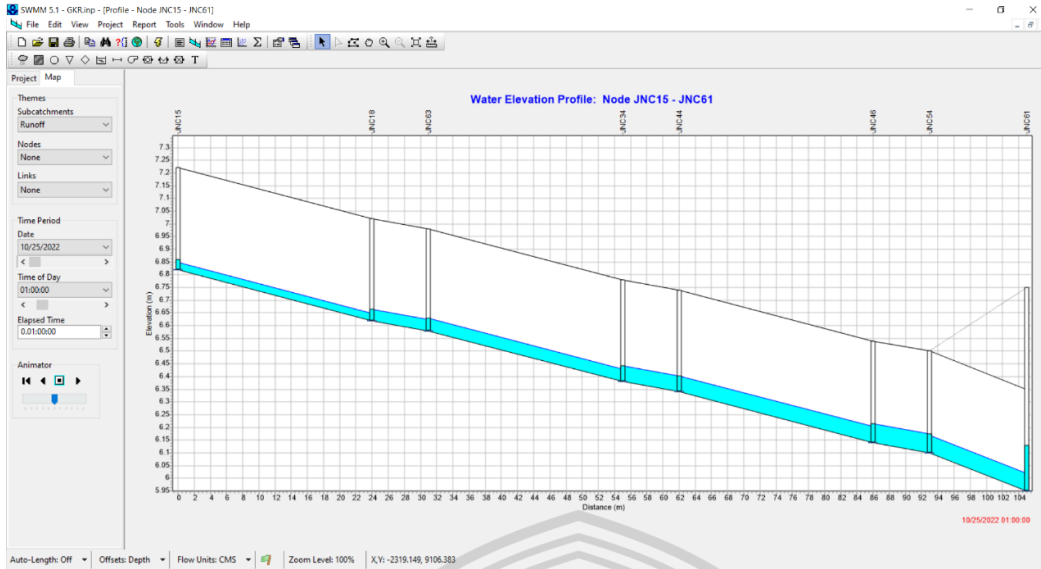
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC57 – JNC59 (Saluran O1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,05 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 26.** .Profil aliran Maksimal Saluran O2 Drainase GKR pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

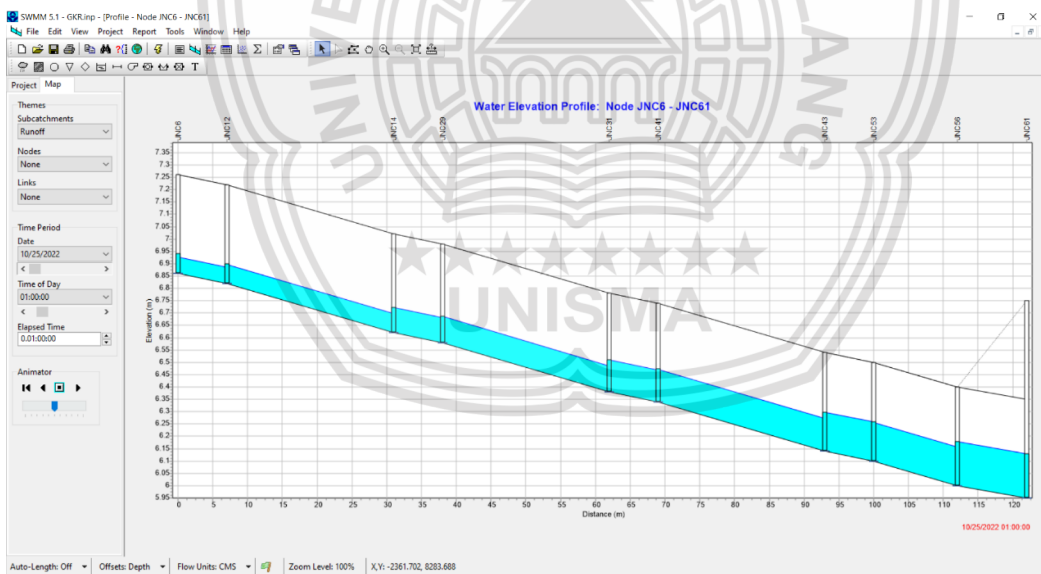
Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC59 – JNC3 (Saluran O2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,06 m sehingga saluran aman untuk digunakan.





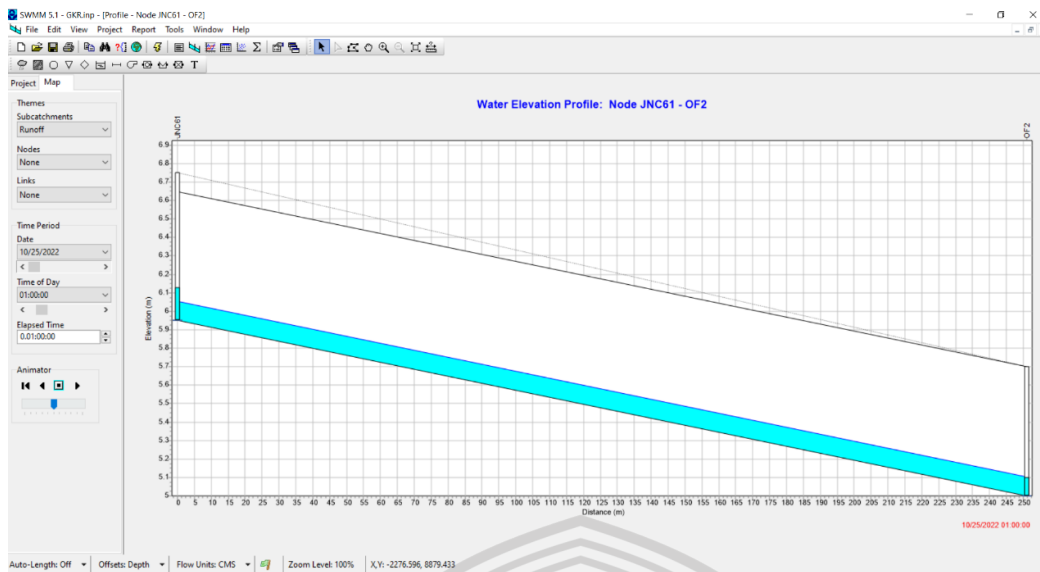
**Gambar 27..**Profil aliran Maksimal Saluran SK1 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC15 – JNC61 (Saluran SK1) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,12 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



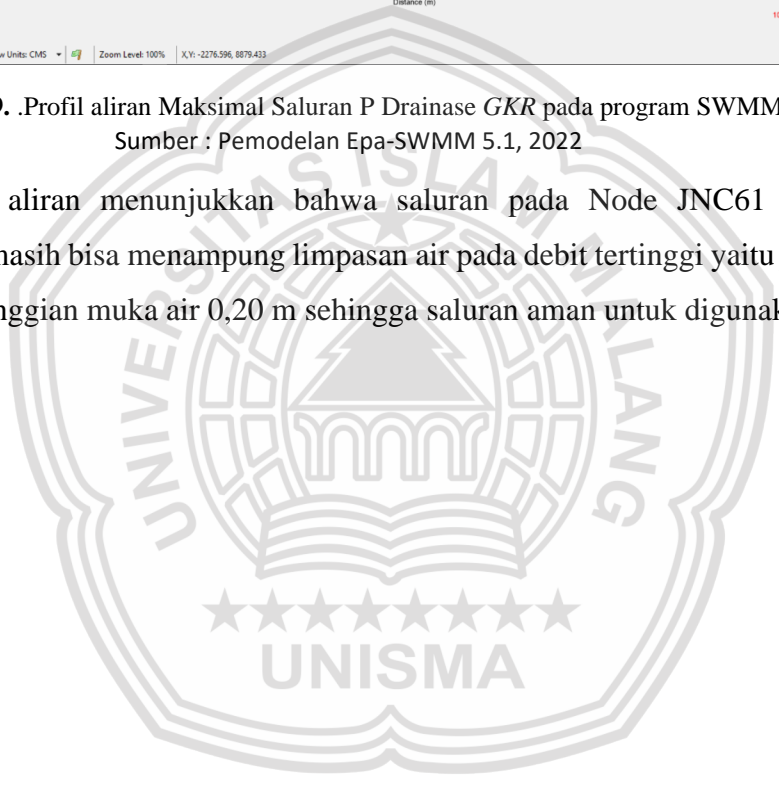
**Gambar 28..**Profil aliran Maksimal Saluran SK2 Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC6 – JNC61 (Saluran SK2) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,15 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



**Gambar 29.** .Profil aliran Maksimal Saluran P Drainase *GKR* pada program SWMM 5.1  
Sumber : Pemodelan Epa-SWMM 5.1, 2022

Profil aliran menunjukkan bahwa saluran pada Node JNC61 – OF2 (Saluran P) masih bisa menampung limpasan air pada debit tertinggi yaitu jam ke-1 dengan ketinggian muka air 0,20 m sehingga saluran aman untuk digunakan.



## DOKUMENTASI



**Gambar 1.** (Perataan Lokasi yang Semula Sawah / lahan kosong)



**Gambar 2.** Akses masuk ke perumahan dari jalan desa



**Gambar 3.** Survey lokasi perumahan





**Gambar 4.** Pembangunan rumah type 30/60



**Gambar 5.** Daerah Pengembangan Sisi Timur



**Gambar 6.** Saluran Outlet Gresik Kota Raya