

Bidang Fokus/Unggulan : Kebencanaan

Fakultas : Teknik

LAPORAN AKHIR

RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



**PENANGGULANGAN GENANGAN AIR BANJIR BERWAWASAN LINGKUNGAN
DENGAN SUMUR RESAPAN BERPENUTUP BETON BERPORI**

Ketua / Anggota Tim

Dr.Eng.Ir. Liany A. Hendratta, MSi

NIDN : 0020036605

Dr.Eng. Ir. Sukarno, MT

NIDN : 0021066006

Ir. Hanny Tangkudung, MT

NIDN : 0002045804

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

November 2018

Dibiayai Dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2018 tanggal 5 Desember 2017
5742.003.053.525119

HALAMAN PENGESAHAN
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT (RTUU)

Judul

Penanggulangan Genangan Air Banjir Berwawasan Lingkungan Dengan Sumur Resapan Berpenutup Beton Berpori

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap	: LIANY AMELIA HENDRATTA
Perguruan Tinggi	: Universitas Sam Ratulangi
NIP/NIK	: 196603201991032001
NIDN	: 0020036605
Jabatan / Golongan	: Lektor Kepala - IV/c
Fakultas / Program Studi	: Fakultas Teknik - Teknik sipil
Nomor HP	: 081234277668
Alamat surel(e-mail)	: lianyhendratta@yahoo.co.id
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 2 Tahun
Biaya Yang Diusulkan	: Rp. 52,500,000
Biaya Maksimum	: Rp. 60,000,000

Anggota

Anggota (1)
Nama : SUKARNO
NIDN : 0021066006
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota (2)
Nama : HANNY TANGKUDUNG
NIDN : 0002045804
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi



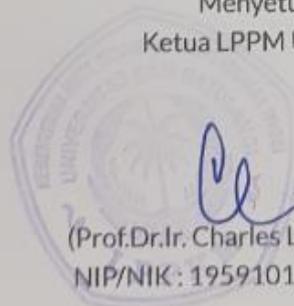
Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik,

Prof.Dr.Ir. Eddy Johan Manoppo, M.Agr
NIP/NIK : 196210141992031001

Manado, 10 November 2018
Ketua,

(DR.ENG. IR. LIANY AMELIA HENDRATTA, M.SI.)
NIP/NIK : 196603201991032001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNSRAT



(Prof.Dr.Ir. Charles L. Kaunang, MS)
NIP/NIK : 195910181986031002

RINGKASAN

Masalah banjir, genangan air yang berujung pada kerusakan lingkungan merupakan salah satu konsekuensi dari pembangunan. Meningkatnya aktivitas kehidupan manusia dan makin berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air mengakibatkan peningkatan kuantitas air hujan.

Desa Sea Tumpengan adalah salah satu wilayah yang terletak di Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang cukup pesat. Di Desa ini pembangunan wilayah pemukiman baru dalam satu dekade terakhir telah menyebabkan alih fungsi lahan yang sangat signifikan. Menjamurnya pembangunan dan pembukaan lahan baru untuk kawasan pemukiman dan ekonomi mengakibatkan permasalahan banjir, genangan air dan kerusakan lingkungan.

Secara geografis Desa Sea Tumpengan terletak pada $1^{\circ}26'19.55''\text{LU}$ dan $124^{\circ}47'30.84''\text{BT}$ dan terletak di daerah dataran tinggi dengan kontur tanah relatif datar. Pada umumnya, daerah dataran tinggi memiliki potensi yang sangat kecil terjadinya suatu genangan air atau banjir. Hal ini berbeda dengan kondisi yang terjadi pada Desa Sea Tumpengan, dimana pada daerah ini memiliki 2 titik genangan banjir sebagai akibat koefisien limpasan yang besar dan ketidakmampuan drainase untuk menampung volume dan debit air yang bertambah.

Beberapa studi sebelumnya menerapkan pengembangan atau desain kembali sistem drainase konvensional yang ada untuk mengatasi masalah banjir dan genangan air. Penerapan sistem drainase yang berwawasan lingkungan merupakan konsep pengelolaan air hujan yang ditawarkan menggantikan atau berdampingan dengan sistem drainase konvensional.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menanggulangi masalah genangan air dengan menerapkan sistem drainase yang berwawasan lingkungan, yaitu menggunakan kombinasi sistem drainase konvensional yang sudah ada dengan sumur resapan berpenutup beton berpori. Untuk daerah pemukiman sumur resapan akan ditempatkan langsung pada lokasi buangan air hujan sedangkan pada daerah publik seperti jalan dan taman akan menggunakan sumur resapan berpenutup beton berpori. Pemilihan sumur resapan berpenutup beton berpori karena beton berpori merupakan suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen, air, dan sedikit agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu beton. Campuran ini menciptakan suatu sel terbuka struktur yang membiarkan air hujan untuk menembus masuk ke sumur resapan.

Penelitian ini akan melalui beberapa tahapan yaitu survei kapasitas sistem drainase eksisting, penentuan daerah tangkapan air, menganalisis debit banjir untuk kala ulang tertentu, menganalisis kelebihan air yang tidak tertampung sistem drainase eksisting dan selanjutnya desain sumur resapan dengan memperhatikan struktur dan tektur tanah yang ada.

Berdasarkan beberapa hasil analisis tampak beberapa ruas saluran sudah tidak dapat menampung air hujan sehingga dilakukan perubahan dimensi saluran yaitu dengan penambahan kedalaman saluran. Pada daerah-daerah tertentu yang tetap terjadi genangan banjir dibangun sumur resapan sebanyak 13 buah yang tersebar di beberapa tempat. Bagian penutup dari sumur resapan menggunakan beton berpori yang terbuat dari agregat alami atau agregat daur ulang yaitu dengan memanfaatkan limbah beton yang berasal dari penghancuran bangunan sebagai salah satu upaya konservasi untuk mengurangi beban kepada lingkungan.

Kata kunci : Genangan air banjir, sumur resapan, beton berpori

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena hanya dengan anugerah dan kasih karunia-Nya sehingga Tim Pelaksana Riset Terapan Unggulan Universitas dapat melaksanakan penelitian yang berjudul : Penanggulangan Genangan Air Banjir Berwawasan Lingkungan Dengan Sumur Resapan Berpenutup Beton Berpori.

Kegiatan ini dilaksanakan untuk membantu menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan air yang berujung pada kerusakan lingkungan. Hal ini disebabkan antara lain, meningkatnya aktivitas kehidupan manusia dan makin berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air mengakibatkan peningkatan kuantitas air hujan. Suatu desain sistem penanggulangan masalah genangan air dengan menerapkan sistem drainase yang berwawasan lingkungan, yaitu menggunakan kombinasi sistem drainase konvensional yang sudah ada dengan sumur resapan berpenutup beton berpori diharapkan dapat membantu menanggulangi permasalahan yang ada.

Sebagai salah satu program kegiatan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sam Ratulangi, maka diharapkan hasil dari kegiatan penelitian ini dapat bermanfaat khususnya kepada masyarakat Desa Sea Tumpengan, Kabupaten Minahasa. Selain itu, diharapkan hasil kegiatan ini dapat diimplementasi dan digunakan sebagai acuan untuk dapat melanjutkan kegiatan serupa.

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini, kami sebagai Tim pelaksana banyak mendapat masukan dari masyarakat Desa Sea Tumpengan dan beberapa instansi terkait. Untuk itu kami Tim Pelaksana penelitian menghaturkan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya. Ungkapan syukur terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Sam Ratulangi yang sudah membiayai seluruh kegiatan penelitian ini. Semoga hasil kegiatan ini dapat bermanfaat bagi masyarakat banyak

Manado, November 2018
Ketua Pelaksana,

Dr.Eng. Ir. Liany A. Hendratta, MSi

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	
PRAKATA	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Urgensi Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Drainase Ramah Lingkungan (eko-drainase)	4
2.2 Beton berpori	6
2.3 Daerah Pengaliran	7
2.4 Analisis Hidrologi dan Hidrolika	7
2.5 Studi – studi sebelumnya	9
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
BAB 4. METODE PENELITIAN	
4.1 Bagan alir penelitian	11
4.2 Tahapan Penelitian	12
4.3 Peta Jalan Penelitian	15
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	
5.1 Kondisi Eksisting Saluran Drainase	16
5.2 Analisis Hidrologi.....	17
5.3 Analisis Hidrolika	30
5.4 Analisis Perencanaan Sumur Resapan.....	40
5.5 Beton Berpori	44
5.6 Pembahasan	45

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Curah hujan harian maksimum Stasiun Tinoor	17
Tabel 5.2	Rangking data curah hujan harian maksimum	18
Tabel 5.3	Perhitungan parameter statistik data pengamatan	21
Tabel 5.4	Syarat parameter statistik	22
Tabel 5.5	Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik	22
Tabel 5.6	Nilai K untuk Distribusi Log – Person III Kemencengan Postif	23
Tabel 5.7	Nilai K intepolasi	24
Tabel 5.8	Hujan rencana dengan berbagai kala ulang	25
Tabel 5.9	Perhitungan Debit Rencana	28
Tabel 5.10	Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting	32
Tabel 5.11	Perhitungan Perbandingan Debit Rencana dengan Saluran Eksisting	34
Tabel 5.12	Perhitungan Perubahan Dimensi Saluran Eksisting	37
Tabel 5.13	Perbandingan Debit Rencana dengan Saluran Eksisting (dimensi H = 0,5 m)	39
Tabel 5.14	Analisis Debit Resapan dan Jumlah Sumur Resapan	43
Tabel 5.15	Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Beton Berpori	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	43
Gambar 4.2	Peta Lokasi Penelitian	14
Gambar 4.3	Peta Jalan Penelitian	15
Gambar 5.1	Keadaan Lokasi Penelitian	16
Gambar 5.2	Dimensi saluran eksisting	30
Gambar 3.3	Dimensi Sumur Resapan	41

DAFTAR LAMPIRAN

Surat Tugas Penelitian

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelestarian lingkungan saat ini menjadi topik yang menarik banyak perhatian dari masyarakat, para ilmuwan dan pemerintah. Pembangunan yang selalu diikuti dengan meningkatnya aktivitas kehidupan manusia dan makin berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air mengakibatkan peningkatan kuantitas air hujan, masalah banjir, genangan air yang berujung pada kerusakan lingkungan.

Desa Sea Tumpengan adalah salah satu wilayah pemukiman yang terletak di Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang cukup pesat . Di Desa ini pembangunan wilayah pemukiman baru dalam satu dekade terakhir telah menyebabkan alih fungsi lahan yang sangat signifikan. Menjamurnya pembangunan dan pembukaan lahan baru untuk kawasan pemukiman dan ekonomi mengakibatkan permasalahan genangan air banjir sebagai akibat koefisien limpasan yang besar dan ketidakmampuan drainase untuk menampung volume dan debit air yang bertambah.

Beberapa studi sebelumnya selalu menerapkan pengembangan atau desain kembali sistem drainase konvensional yang ada untuk mengatasi masalah banjir dan genangan air namun belum dapat meminimalisir genangan air banjir. Berdasarkan latar belakang ini memicu dilakukannya penelitian untuk menerapkan sistem drainase berwawasan lingkungan yang merupakan konsep pengelolaan air hujan yang menggantikan atau berdampingan dengan sistem drainase konvensional.

Penelitian ini mendukung salah satu bidang riset unggulan yang menjadi prioritas Universitas Sam Ratulangi yaitu “manajemen penanggulangan kebencanaan dan lingkungan”. Hal ini berkaitan dengan isu strategis daerah Sulawesi Utara sebagai wilayah rawan bencana banjir dan kerusakan lingkungan yang membutuhkan kebijakan, infrastruktur dan kesiapan masyarakat terhadap penanggulangan bencana banjir untuk tujuan perbaikan kualitas lingkungan. Berdasarkan isu tersebut di atas maka diperlukan topik riset yang berkaitan dengan pengembangan sistem/metode yang aplikatif dan berwawasan lingkungan untuk penguatan masyarakat yang tanggap bencana genangan air banjir.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain sistem drainase berupa kombinasi antara sistem drainase konvensional dengan sumur resapan berpenutup beton berpori yang dapat meminimalisir resiko terjadinya genangan air banjir di Desa Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa.

1.3 Urgensi Penelitian

Penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan kontribusi yang signifikan dan dapat diterapkannya metode/desain penanggulangan genangan air banjir berwawasan lingkungan. Secara khusus urgensi penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan bidang pengembangan sumber daya air yaitu hasil nyata berupa produk desain yang langsung dapat dimanfaatkan masyarakat dalam menanggulangi genangan air banjir dengan kombinasi sistem drainase konvensional dengan sumur resapan untuk tujuan perbaikan kualitas lingkungan. Adapun rencana target capaian tahunan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Rencana Target Capaian Tahunan

No.	Jenis Luaran		Indikator Capaian
1	Publikasi ilmiah	Internasional	
		Nasional Terakreditasi	
2	Pemakalah dalam temu ilmiah	Internasional	
		Nasional	
3	<i>Invited speaker</i> dalam temu ilmiah	Internasional	
		Nasional	
4	<i>Visiting Lecturer</i>	Internasional	
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten	
		Paten sederhana	
		Hak Cipta	Terdaftar
		Merek dagang	
		Rahasia dagang	
		Desain Produk Industri	
		Indikasi Geografis	
		Perlindungan Varietas Tanaman	
	Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu		
6	Teknologi Tepat Guna		
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial		
8	Buku Ajar (ISBN)		
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)		4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu dialirkan dengan cara pembuatan saluran drainase yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah tersebut. Sistem saluran drainase di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar yaitu ke badan air atau sungai. Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan-genangan yang dapat mengganggu aktivitas di perkotaan dan bahkan dapat menimbulkan kerugian sosial ekonomi terutama yang menyangkut aspek-aspek kesehatan lingkungan pemukiman kota.

Fungsi dari drainase antara lain adalah membebaskan suatu wilayah terutama pemukiman yang padat dari genangan air, erosi dan banjir serta meningkatkan kesehatan lingkungan untuk memperkecil resiko penyakit yang ditransmisikan melalui air (water borne disease) dan penyakit lainnya. Dengan adanya sistem drainase yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan-bangunan lainnya. Dengan sistem drainase yang terencana maka dapat dioptimalkan pengaturan tata-air; yang berfungsi mengendalikan keberadaan air yang berlimpah pada musim penghujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Sistem jaringan drainase di dalam wilayah kota dibagi atas 2 bagian yaitu :

drainase utama (major drainage) dan drainase lokal (minor drainage).

Sistem drainase utama atau drainase makro (major drainage) yaitu sistem saluran yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (Catchment Area). Biasanya sistem ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Pada umumnya sistem drainase mayor ini merupakan penghubung antara drainase dan pengendalian banjir. Debit rencana dipakai dengan periode ulang lebih besar dari 10 tahun. Sedangkan drainase mikro adalah sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan dimana sebagian besar di dalam wilayah kota. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah: saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 dan 10 tahun tergantung pada tata guna tanah yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan pemukiman lebih cenderung

sebagai sistem drainase mikro dimana sistem drainase air hujan konvensional ini dibangun terutama dengan tujuan untuk mitigasi banjir dan sedikit sekali perhatian yang diberikan terhadap mitigasi. Berbeda dengan beberapa penelitian mengenai penanggulangan genangan air banjir yang mengacu pada sistem drainase konvensional, studi ini akan menerapkan sistem drainase yang berwawasan lingkungan berupa konsep pengelolaan air hujan dengan sumur resapan yang menggantikan atau dikombinasikan dengan sistem drainase konvensional dampak lingkungan. Dengan alasan tersebut, sistem drainase perkotaan umumnya dibangun dan berfokus pada kapasitas angkut untuk meminimalkan resiko terhadap banjir.

2.1 Sistem Drainase Ramah Lingkungan (eko-drainase)

Sistem drainase ramah lingkungan berbeda dengan konsep sistem drainase konvensional yang membuang air genangan secepat-cepatnya ke sungai tanpa sebelumnya diresapkan ke dalam tanah. Sistem drainase ramah lingkungan (eko-drainase) pada dasarnya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Manfaat dari sistem ini adalah air tidak secepatnya dialirkan ke sungai tetapi meresapkan air ke dalam tanah guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau.

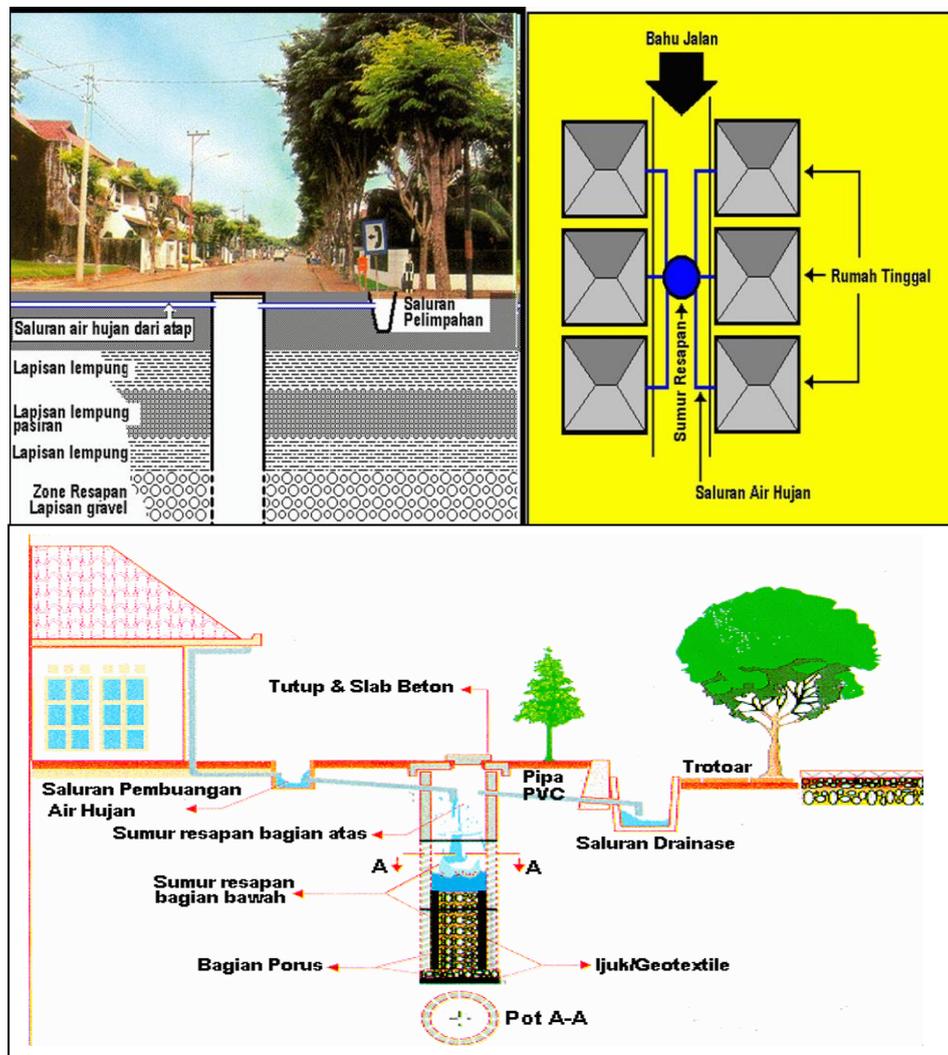
2.1.1 Sumur resapan

Bangunan sumur resapan adalah salah satu sistem drainase ramah lingkungan hasil rekayasa teknik konservasi air dan berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh di atas atap rumah atau daerah kedap air dan meresapkannya ke dalam tanah.

Sumur resapan berfungsi memberikan imbuhan air secara buatan dengan cara menginjeksikan air hujan ke dalam tanah. Sasaran lokasi adalah daerah peresapan air di kawasan budidaya, permukiman, perkantoran, pertokoan, industri, sarana dan prasarana olah raga serta fasilitas umum lainnya (Kusnaedi, 2011).

Berkaitan dengan sumur resapan ini terdapat SNI No: 03- 2453-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan. Standar ini menetapkan cara perencanaan sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan termasuk persyaratan umum dan teknis mengenai batas muka air tanah, nilai permeabilitas tanah, jarak terhadap bangunan, perhitungan dan penentuan sumur resapan air hujan.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi antara lain sebagai berikut: sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relatif datar; air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan tidak tercemar; penempatan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya; harus memperhatikan peraturan daerah setempat. Selain itu ada beberapa persyaratan teknis yang harus dipenuhi antara lain kedalaman air tanah minimum 1,50 m pada musim hujan; struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas tanah $\geq 2,0$ cm/jam, jarak penempatan sumur resapan air hujan terhadap bangunan adalah 3 met 7 terhadap sumur air bersih, 5 meter terhadap sumur resapan tangki septik dan 1 meter terhadap pondasi bangunan. Letak sumur resapan untuk yang model tunggal biasanya di halaman rumah sedang yang model komunal dapat dipasang dengan memanfaatkan bahu jalan seperti gambar dibawah ini.



Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk dalam sumur dan air yang meresap kedalam tanah yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{FK} \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-FKT}{\pi R^2}\right) \right\}$$

Dengan,

- H = tinggi muka air dalam sumur (m)
- Q = debit air masuk (m³/jam)
- F = faktor geometrik (m)
- K = koefisien permeabilitas tanah (m/d)
- T = durasi dominan hujan (j)
- R = jari-jari sumur (m)

2.2 Beton berpori

Beton berpori adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen, air, dan sedikit agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut. Campuran ini menciptakan suatu sel terbuka struktur, membiarkan air hujan untuk menembus mendasari lahan.

Sebagaimana pada beton konvensional, bahan utama penyusun beton berpori adalah semen portland, agregat, air dan bahan tambah lainnya dengan komposisi tertentu. Yang berbeda pada beton berpori adalah agregat yang digunakan hanya agregat kasar saja (agregat alami atau agregat daur ulang) atau dengan sedikit sampai tidak ada agregat halus. Faktor air semen harus dijaga sedemikian rupa agar setelah mengeras pori-pori yang terbentuk tidak tertutup oleh campuran pasta semen yang mengeras. Selain kontrol pada faktor air semen juga bertujuan agar butir-butir agregat dapat terikat kuat satu sama lain untuk mendapat kuat tekan, kuat lentur, porositas, dan permeabilitas yang sesuai dengan karakteristik beton berpori. Beton berpori selain merupakan bahan jalan yang unik dan efektif yang ramah lingkungan dapat juga diaplikasikan pada penutup sumur resapan pada daerah bahu jalan. Dikatakan ramah lingkungan karena dengan menangkap air hujan dan membiarkan air hujan meresap kedalam tanah, material beton berpori dapat menolong mengisi cadangan air tanah, dan mengurangi limpasan permukaan. Dengan diaplikasikan pada bahu jalan maka limpasan air dari jalan diharapkan akan terserap kedalam tanah, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase.

2.3 Daerah Pengaliran

Daerah pengaliran adalah daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu titik tinjauan yang ditentukan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan dan bukan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian.

Untuk menentukan batas daerah pengaliran sangat diperlukan peta topografi yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur. Memperhatikan keperluan untuk berbagai kepentingan analisis berikutnya, dan dipertimbangkan pula segi kepraktisan pemakaian, maka peta dengan skala 1:50000 dipandang mencukupi.

Dari peta yang dimiliki, ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling daerah yang akan ditinjau, masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas daerah pengaliran di titik kontrol tertentu. Luas daerah pengaliran dihitung dengan pengukuran luas daerah tersebut pada peta topografi yang besarnya berpengaruh debit pengaliran yang terjadi. Semakin besar daerah pengaliran maka debit pengaliran akan semakin besar.

2.4 Analisis Hidrologi dan Hidrolika

2.4.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrim (maksimum atau minimum) dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun (Triatmodjo,2008). Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas.

2.4.2 Parameter Statistik

Dalam analisis statistik data, terdapat parameter-parameter yang akan membantu dalam menentukan jenis sebaran yang tepat dalam menghitung besarnya hujan rencana. Analisis parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: central tendency (mean), simpangan baku (standar deviasi), koefisien variasi, kemencengan (skewness) dan koefisien puncak (kurtosis).

2.4.3 Pemilihan Tipe Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Syarat penentuan jenis distribusi disajikan dalam tabel berikut:

Penentuan Jenis Distribusi Berdasarkan Syarat-Syarat Jenis Sebaran

Jenis Sebaran	Persyaratan
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$
	$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s \approx 1,14$
	$C_k \approx 5,4$
Log Pearson Type III	Selain dari nilai diatas

Sumber : Triadmodjo, 2008

2.4.4. Distribusi Frekuensi

Tujuan teori statistik tentang distribusi harga ekstrim antara lain untuk menganalisis hasil; pengamatan harga-harga ekstrim untuk meramal harga-harga ekstrim berikutnya. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data (data historik) baik data hujan maupun data debit.

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi. Yang banyak dikenal dalam hidrologi antara lain :Distribusi Gumbel,Distribusi Normal,Distribusi Log Normal,Distribusi Log Person III.

2.4.5 HEC-HMS

Dalam analisis hidrologi yang dihitung adalah debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit dengan periode kala ulang tertentu yang diperkirakan akan melalui sungai atau bangunan lainnya. Dalam menganalisis debit banjir rencana akan digunakan program/software HEC-HMS. Software HEC-HMS dirancang untuk menghitung proses hujan aliran suatu sistem DAS. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume runoff, direct runoff, baseflow, dan channel flow. Software ini dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) dan USArmy Corps Of Engineers.

2.4.6 Analisis Hidrolika

Dalam analisis hidrolika, perhitungan debit kapasitas drainase menggunakan beberapa formula aliran saluran terbuka dengan data atau ukuran drainase eksisting. Hasil analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rencana digunakan untuk perhitungan debit design untuk sumur resapan yaitu selisih dari debit banjir rencana dengan debit kapasitas drainase.

2.5 Studi – studi sebelumnya mengenai penanggulangan genangan air banjir.

Dalam beberapa studi terdahulu yang berkaitan dengan penanggulangan genangan air banjir, pengusul pernah melakukan penelitian tentang Penanganan Masalah Banjir dan Genangan di Kampung Unyil-Sitou Kelurahan Pateten II, Kota Bitung (2016) dan pada tahun 2017 dilakukan penelitian tentang Optimalisasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Di Sepanjang Jalan Boulevard Manado Sebagai Alternatif Pemecahan Masalah Genangan Air. Penelitian ini bertujuan mengurangi masalah genangan air dengan cara yang konvensional yaitu mendesain kembali sistem jaringan drainase jalan seperti merubah dimensi drainase eksisting, menambah pembangunan drainase dan gorong-gorong yang baru sebagai alternatif pemecahan masalah genangan air. Yang menjadi *state of the art* untuk pengusulan penelitian penanggulangan genangan air banjir saat ini, lebih mengutamakan solusi teknis penanggulangan genangan air banjir yang berwawasan lingkungan. Penelitian ini sangat signifikan dilakukan di daerah yang terjadi alih fungsi lahan secara besar-besaran yang berakibat tingginya kerugian masyarakat karena bahaya bencana genangan banjir.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan desain sistem drainase jalan raya yaitu berupa kombinasi antara sistem drainase konvensional dengan sumur resapan berpenutup beton berpori yang ramah lingkungan dan bermanfaat untuk meminimalisir resiko terjadinya genangan air banjir di Desa Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa.

3.2 Manfaat Penelitian

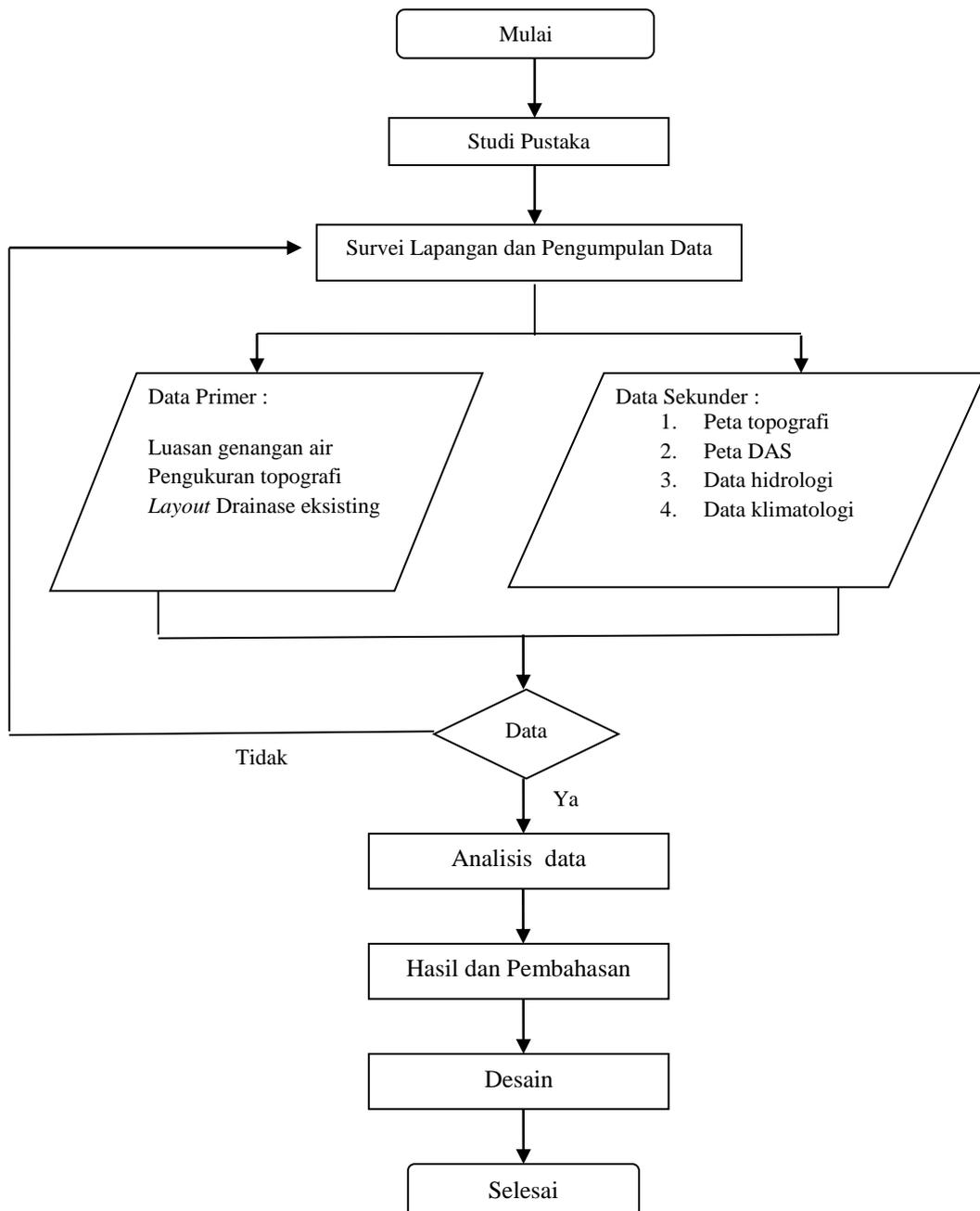
Manfaat dari penelitian :

- Mengurangi aliran permukaan sehingga dapat mencegah terjadinya genangan air ataupun banjir.
- Mempertahankan kualitas sarana infrastruktur lainnya seperti jalan dan perumahan.
- Menjaga kesehatan lingkungan dan penyakit yang diakibatkan adanya genangan air.
- Dapat dijadikan bahan informasi untuk pemerintah dan instansi lain yang bergerak di bidang pembangunan fisik.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Bagan alir penelitian

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian ini mengikuti bagan alir pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

4.2 Tahapan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berupa studi kasus melalui survei atau pengamatan langsung di lapangan yang disertai dengan analisis berdasarkan metode-metode yang diperlukan.

Survey Lokasi dan Pengumpulan Data

Survei lokasi dilakukan untuk mendapatkan data-data primer berupa kondisi luasan genangan air banjir, pengukuran topografi dan data jaringan drainase eksisting.

Survei untuk mendapatkan data sekunder seperti peta topografi, peta DAS, data curah hujan (hidrologi) dan data klimatologi.

Kajian Permasalahan

Menganalisis permasalahan yang terjadi serta alternatif penanggulangannya. Setelah mengamati di lokasi penelitian didapati permasalahan yang sangat merugikan masyarakat Desa Sea Tumpengan yaitu pada saat intensitas hujan yang cukup besar dan dalam kurun waktu yang panjang akan mengakibatkan genangan air banjir sehingga diperlukan kajian teknis guna menanggulangi permasalahan yang terjadi di daerah penelitian.

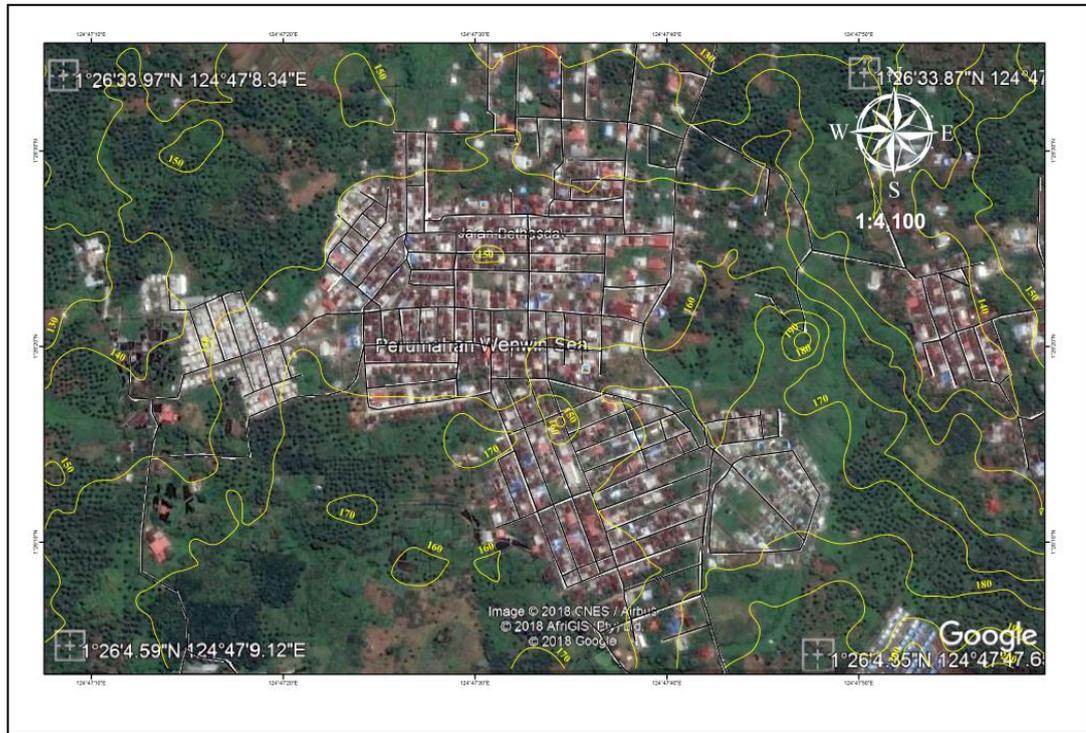
Analisis Data

1. Analisis hidrologi dan hidrolika
Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan curah hujan rencana ; debit kapasitas drainase
2. Analisis debit banjir
Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai periode kala ulang
3. Analisis kapasitas drainase eksisting dan desain sumur resapan
Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan debit kapasitas drainase eksisting. Debit yang diperlukan untuk desain sumur resapan adalah selisih debit banjir rencana dengan debit kapasitas drainase eksisting.

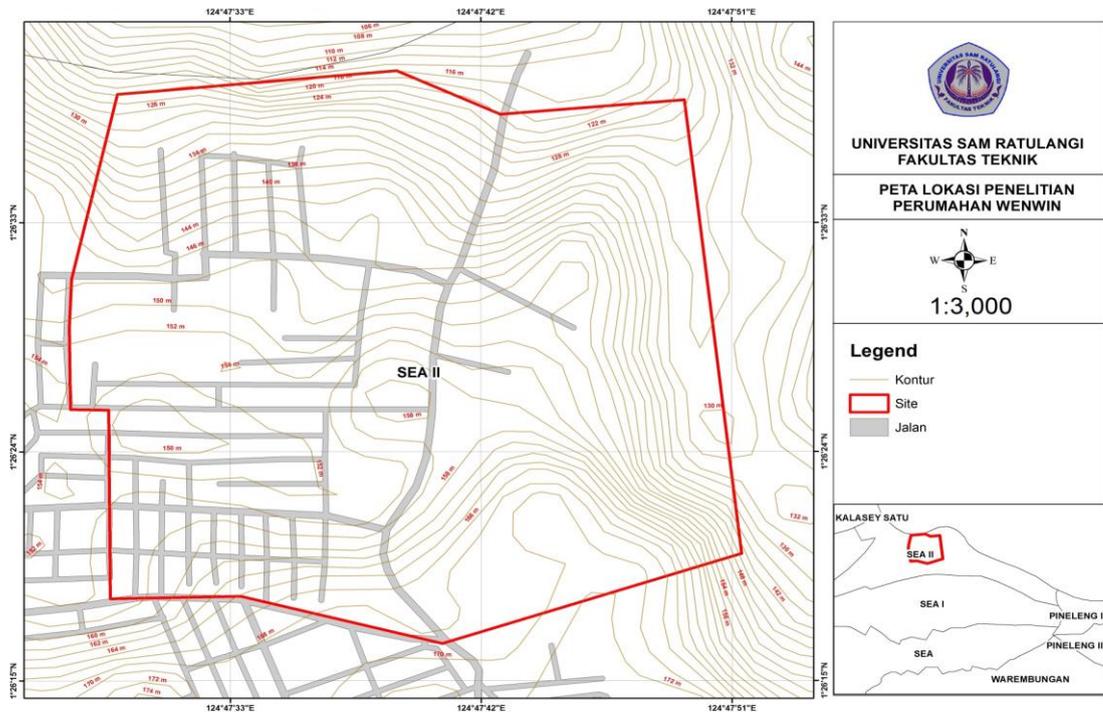
Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

No.	Nama / NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Ir.Liany A. Hendratta,MSi / 0020036605	Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil / Sumber Daya Air	16 Jam	-Bertanggung jawab atas seluruh kegiatan penelitian. -Melakukan analisis / desain sumur terapan secara terpadu
2	Dr.Ir. Sukarno, MT / 0021066006	Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil / Teknik Lingkungan dan Sumber Daya Air	10 Jam	Melakukan analisis hidrologi untuk menghitung debit banjir
3	Ir. Hanny Tangkudung, MT/0002045804	Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil / Sumber Daya Air	10 Jam	Melakukan analisis hidrolika untuk mendapatkan debit kapasitas drainase eksisting

Lokasi Penelitian



13

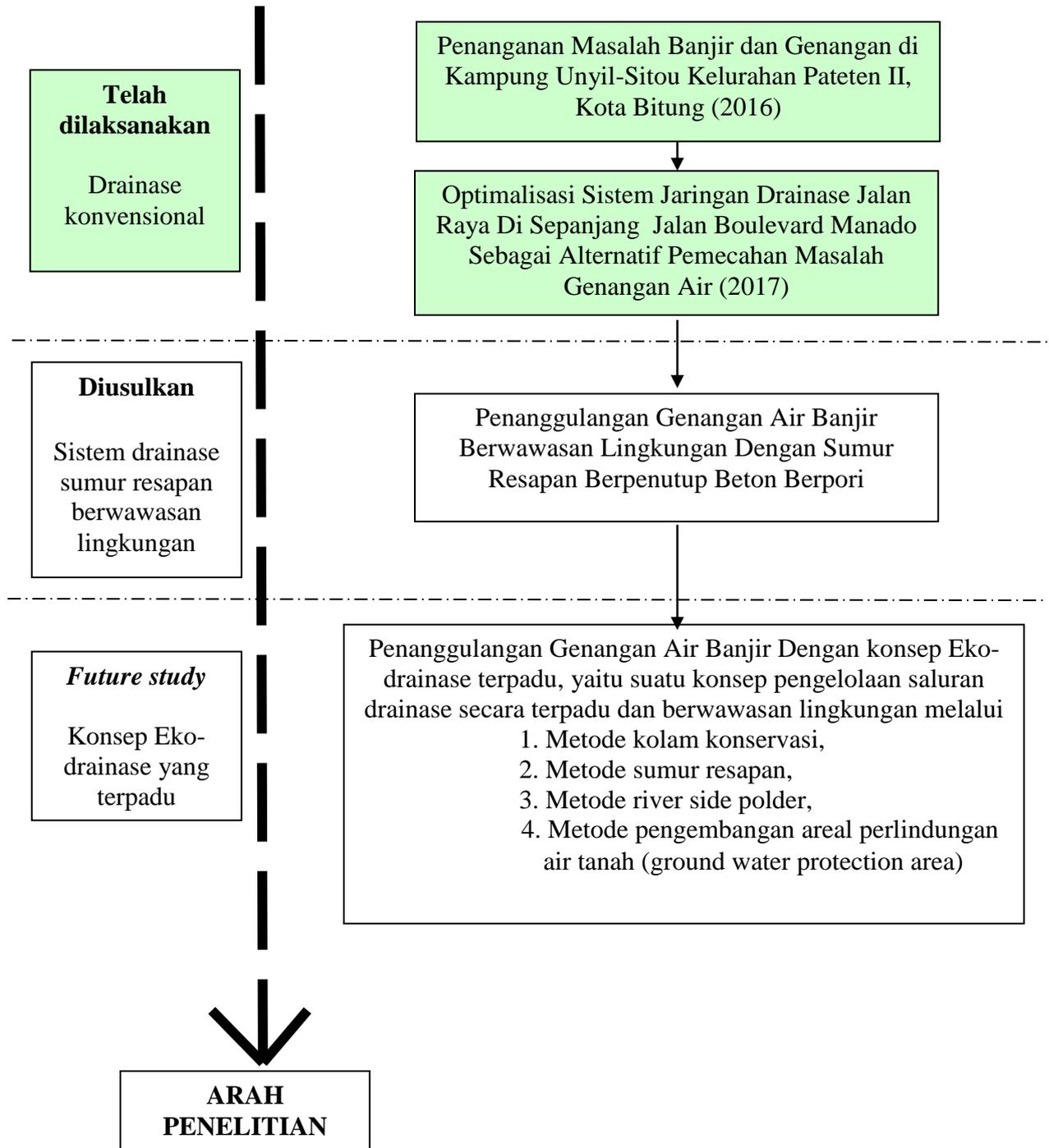


Gambar 4.2 Peta lokasi penelitian

14

4.3 Peta Jalan Penelitian

Secara garis besar jalan penelitian yang sudah dan akan dilakukan mengikuti peta jalan penelitian pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Peta jalan penelitian

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil survei lapangan yang dilakukan, kondisi eksisting saluran drainase banyak yang sudah tidak sesuai dengan fungsinya sehingga diperlukan alternatif solusi dalam menanggapi permasalahan yang ada, yaitu berupa sumur resapan yang di harapkan dapat menanggulangi masalah genangan air ataupun banjir pada daerah tersebut.

Gambar di bawah ini merupakan beberapa keadaan saluran dan kondisi perumahan yang ada pada daerah tersebut.



(a)



(b)

Gambar 5.1 (a) Kondisi saluran eksisting di lapangan , (b) kondisi perumahan Wenwin Sea-Tumpengan

Gambar saluran eksisting dapat Dilihat pada lembar lampiran

5.2 Analisis Hidrologi

5.2.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi adalah data curah hujan harian maksimum pengamatan selama 12 tahun (2006 – 2017) yang diperoleh dari Badan Wilayah Sungai (BWS) Sulawesi I. dengan melihat pos stasiun hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian. Pos stasiun hujan yang digunakan adalah Pos Hujan Tinoor. Data curah hujan harian maksimum dapat di lihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data curah hujan harian maksimum Pos Hujan Tinoor

Tahun	Hujan harian maximum (mm)
2006	75,60
2007	75,02
2008	74,1
2009	65,4
2010	101,70
2011	102,40
2012	96,80
2013	110,50
2014	184,00
2015	108,20
2016	90,30
2017	156,00

Sumber : BWS Sulawesi I

5.2.2 Rangking Data

Rangking data merupakan cara mengurutkan data curah hujan harian maksimum dari yang terkecil sampai yang terbesar. Hasil rangking data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rangking data curah hujan harian maksimum

No	Xi (mm)
1	65,40
2	74,10
3	75,02
4	75,60
5	90,30
6	96,80
7	101,70
8	102,40
9	108,20
10	110,50
11	156,00
12	184,00

Berdasarkan Tabel 5.2, didapatkan bahwa nilai curah hujan harian maksimum yang terendah adalah 65,40 mm, dan curah hujan harian maksimum tertinggi adalah 184,00 mm.

5.2.3 Uji Data *Outlier*

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai rata-rata, standart deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada kemudian data tersebut diubah dalam nilai log.

Dari hasil perhitungan didapatkan $Cs_{log} = 0,7841 > 0,4$. Maka dilakukan uji outlier tinggi, koreksi data kemudan uji outlier rendah.

Uji Outlier Tinggi

$$\log Xh = \overline{\log X} + Kn.Slog$$

n = 12 (jumlah data)

Kn = 2,134 (diambil dari tabel nilai Kn uji data outlier “Suwarno”,
Hidrologi)

$$\log Xh = 1,9945 + (2,134 * 0,1327) = 2,2777$$

$$Xh = 189,534 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada pada Tabel 5.2 adalah 184 mm sedangkan syarat tertinggi pada uji outlier tinggi adalah 189,534 mm. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut tidak terdapat data outlier tinggi, sehingga data curah hujan pada penelitian ini dapat digunakan.

Uji Outlier Rendah

$$\log Xh = \log X - Kn.Slog$$

n = 12 (jumlah data)

Kn = 2,134 (diambil dari tabel nilai Kn uji data outlier “Suwarno”,
Hidrologi)

$$\log Xh = 1,9945 - (2,134 * 0,1327) = 1,7113$$

$$Xh = 51,437 \text{ mm}$$

Data curah hujan tertinggi yang ada pada Tabel 5.2 adalah 65,40 mm sedangkan syarat terendah pada uji outlier rendah adalah 51,437 mm. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut tidak terdapat data outlier rendah, sehingga data curah hujan pada penelitian ini dapat digunakan.

5.2.4 Parameter Statistik

Untuk mengetahui tipe distribusi yang akan digunakan, terlebih dahulu harus mengetahui nilai-nilai parameter statistik. Nilai-nilai parameter tersebut seperti berikut :

1. Nilai rata – rata (*Mean*)

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{1240,02}{12} = 103,335 \text{ mm}$$

2. Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - X)^2} = \sqrt{\frac{13436,33}{12-1}} = 34,9475$$

3. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

$$Cv = \frac{S}{X} = \frac{34,9475}{103,335 \text{ mm}} = 0,33822$$

4. Koefisien Kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - X)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$
$$Cs = \frac{12 * 545316,63}{(12-1) * (12-2) * (34,94975)^3}$$
$$Cs = 1,39349$$

5. Koefisien Kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Xi - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$
$$Ck = \frac{12 * 5410165,90}{(12-1) * (12-2) * (12-3) * (34,94975)^4}$$
$$Ck = 5,274$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Perhitungan parameter statistik data

No	X_i (mm)	$(X_i - X)$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$	$\log X_i$	$(\log X_i - \log X)$	$(\log X_i - \log X)^2$	$(\log X_i - \log X)^3$
1	65,40	-37,9350	1439,06	-54590,90	2070905,84	1,81558	-0,17891	0,03201	-0,00573
2	74,10	-29,2350	854,69	-24986,72	730486,83	1,86982	-0,12467	0,01554	-0,00194
3	75,02	-28,3150	801,74	-22701,25	642785,78	1,87518	-0,11931	0,01423	-0,00170
4	75,60	-27,7350	769,23	-21334,60	591715,14	1,87852	-0,11596	0,01345	-0,00156
5	90,30	-13,0350	169,91	-2214,79	28869,82	1,95569	-0,03880	0,00151	-0,00006
6	96,80	-6,5350	42,71	-279,09	1823,82	1,98588	-0,00861	0,00007	0,00000
7	101,70	-1,6350	2,67	-4,37	7,15	2,00732	0,01284	0,00016	0,00000
8	102,40	-0,9350	0,87	-0,82	0,76	2,01030	0,01582	0,00025	0,00000
9	108,20	4,8650	23,67	115,15	560,18	2,03423	0,03974	0,00158	0,00006
10	110,50	7,1650	51,34	367,83	2635,51	2,04336	0,04888	0,00239	0,00012
11	156,00	52,6650	2773,60	146071,76	7692869,30	2,19312	0,19864	0,03946	0,00784
12	184,00	80,6650	6506,84	524874,43	42338995,74	2,26482	0,27033	0,07308	0,01976
Σ	1240,02	0,00	13436,33	545316,63	54101655,90	23,93381	0,00000	0,19373	0,01680
X	103,3350								
Log X	1,9945								

5.2.5 Analisis Distribusi Peluang

Pemilihan tipe distribusi peluang berdasarkan parameter statistik dilakukan dengan melihat syarat – syarat tipe distribusi. Syarat-syarat tipe distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Syarat Parameter Statistik

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik
1	Distribusi Nromal	$Cs \approx 0$
		$Ck \approx 3$
2	Distribusi Log-Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3 Cv$
		$Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$
3	Distribusi Gumbel	$Cs \approx 1,14$
		$Ck \approx 5,40$
4	Distribusi Log - Person III	Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log - Person III

Berdasarkan syarat-syarat di atas, maka di dapatkan bahwa tipe distribusi peluang dianggap mengikuti tipe distribusi Log-Person III. Hasil peninjauan pemiliha distribusi peluang dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik

No	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Syarat Parameter	Parameter Hasil Analisis	Keterangan
1	Distribusi Nromal	$Cs \approx 0$	$Cs = 1,39349$	$Cs = 1,39349$	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 3$	$Ck = 5,27426$		
2	Distribusi Log-Normal	$Cs \approx Cv^3 + 3 Cv$	$Cs = 1,0533$	$Ck = 5,72426$	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx Cv^8 + 6Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$	$Ck = 5,0357$		
3	Distribusi Gumbel	$Cs \approx 1,14$	$Cs = 1,39349$	$Ck = 5,72426$	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 5,40$	$Ck = 5,27426$		
4	Distribusi Log - Person III	Karena tidak ada syarat yang memenuhi dari tiga tipe distribusi di atas, maka tipe distribusi data yang ada dianggap mengikuti tipe distribusi Log-Person III			

5.2.6 Analisis hujan rencana dengan berbagai kala ulang

Untuk menghitung hujan rencana dengan berbagai kala ulang berdasarkan hasil analisis dari parameter – parameter statistik yang memenuhi, maka digunakan Tipe Distribusi Log – Person III, dengan rumus sebagai berikut :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot S_{log}$$

Dimana :

$$\log \bar{X} = 1,9945$$

$$S_{log} = 0,1327$$

Nilai K didapat dengan cara menginterpolasi nilai tersebut pada Tabel 5.6, dengan nilai Cs = 1,3935 .

Tabel 5.6 Nilai K untuk Distribusi Log – Person III Kemencengan Postif

<i>Skew Coefficient Cs or Cw</i>	Waktu Balik Dalam Tahun						
	2	5	10	25	50	100	200
	<i>Exceedence Probability</i>						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97
2,9	-0,39	0,44	1,195	2,277	3,314	4,013	4,909
2,8	-0,384	0,46	1,21	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,032	3,8	4,584
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,23	2,942	3,656	4,372
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,553	4,298
1,9	-0,294	0,645	1,31	2,207	2,881	3,499	4,223
1,8	-0,282	0,66	1,318	2,193	2,848	3,444	4,147
1,7	-0,268	0,675	1,324	2,179	2,815	3,388	4,069
1,6	-0,254	0,69	1,329	2,163	2,78	3,33	3,99
1,5	-0,24	0,705	1,333	2,14	2,743	3,33	3,91
1,4	-0,225	0,719	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,21	0,732	1,338	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,745	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661

1,1	-0,18	0,758	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,769	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,543	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008

Interpolasi untuk nilai K, pada kala ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$K = -0,225 + \frac{(1,3935 - 1,4)}{(1,4 - 1,3)} x (-0,21 - (-0,225))$$

$$K = -0,224$$

Interpolasi selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut :

Tabel 5.7 Nilai K interpolasi

Kala ulang (Tahun)	2	5	10	25	50	100	200
Nilai K	-0,224	0,720	1,337	2,127	2,703	3,267	3,823

Berdasarkan data parameter yang telah diperoleh dan standar periode ulang yang diberlakukan melalui P3KT di Sulawesi Utara adalah 10 tahun, maka :

$$\log X_T = \log X + K \cdot S_{log}$$

$$\log X_T = 1,9945 + 1,337 * 0,1327$$

$$\log X_T = 2,17193$$

$$X_T = 148,57 \text{ mm}$$

Tabel 5.8 Hujan rencana dengan berbagai kala ulang

T (Tahun)	K	Slog	1/T (%)	Log X_T	X_T
5	0,720	0,1327	20	2,09002	123,03
10	1,337	0,1327	10	2,17193	148,57
25	2,127	0,1327	4	2,27672	189,11
50	2,703	0,1327	2	2,35325	225,55
100	3,267	0,1327	1	2,42806	267,95

5.2.7 Analisis Intensitas Curah Hujan Selama Waktu Konsentrasi

Dalam menghitung debit rencana dengan menggunakan rumus rasional diperlukan untuk menghitung intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi. Intensitas hujan adalah tinggi kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya maka semakin tinggi pula intensitasnya. Dalam penelitian ini daya intensitas hujan yang digunakan adalah intensitas hujan dengan menggunakan rumus Mononobe. Perhitungan intensitas hujan selama waktu konsentrasi dapat dilihat pada tabel 5.9

5.2.8 Analisis Debit Rencana Saluran Eksisting

1. *Catchment area*

Catchment area (daerah tangkapan) merupakan luas daerah limpasan yang berpengaruh terhadap suatu saluran. Daerah limpasan ditentukan berdasarkan kemiringan lahan yang bermuara pada saluran tertentu.

2. Koefisien Pengaliran (C)

Penentuan koefisien pengaliran (C) diperoleh dengan melihat penggunaan lahan pada lokasi perencanaan. Penetapan kepadatan bangunan pemukiman dilakukan dengan melihat kondisi yang ada secara umum. Penetapan nilai koefisien pengaliran (C) merupakan nilai rata-rata yang dapat mewakili kondisi penggunaan lahan yang ada pada kawasan perencanaan.

3. Debit limpasan

Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional.

Tinjauan contoh perhitungan diambil pada Saluran (1 – 2).

Luas daerah pelayanan saluran (DPS) = 0,0017775 km²

Panjang lintasan aliran di lahan (Ll) = 15 m

Panjang lintasan aliran di saluran (Ls) = 99 m

Kemiringan lahan (S) = 0,13535353

Kecepatan rata-rata (V) = 0,4 m/det

(diambil berdasarkan ‘Tabel 2.1 Nilai V untuk perhitungan waktu konsentrasi’)

Koefisien kekasaran *Manning* (n) = 0,013

(Nilai kekasaran *Manning* diambil berdasarkan “Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran *Manning*”)

Nilai koefisien *run off* (C) = 0,70

(Nilai *run off* diambil berdasarkan “Tabel 2.2. Harga koefisien pengaliran C untuk penggunaan secara umum” untuk daerah perumahan dengan kondisi rumah permanen)

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi di saluran

$$T_s = \frac{L_s}{60 V} = \frac{99}{60 \times 0,4} = 4,125 \text{ menit}$$

Waktu konsentrasi di lahan

$$T_l = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_l \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 15 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,13535}} \right] \\ = 1,1589 \text{ menit}$$

Waktu konsentrasi total

$$T_c = T_l + T_s = 1,1589 + 4,125 = 5,2839 \text{ menit} \\ = 0,0881 \text{ jam}$$

Intensitas curah hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{148,57}{24} \times \left(\frac{24}{0,0881}\right)^{\frac{2}{3}} = 260,207 \text{ mm/jam}$$

Debit limpasan

$$Q = 0,278 C I A = 0,278 \times 0,7 \times 260,207 \times 0,0017775 \\ = 0,09001 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Untuk pembagian luas DPS, dapat dilihat pada gambar lampiran dalam ukuran A3.

Tabel 5.9 Perhitungan Debit Rencana

No	Saluran	Luas DPS (km ²)	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Ls (m)	Ll (m)	n	Waktu Konsentrasi				C	I	Qlimpasan (m ³ /det)	Qtambahan (m ³ /det)	Total Qrencana (m ³ /det)
									TL (mnt)	TS (mnt)	Tc (mnt)	Tc (jam)					
1	S (1-2)	0,00178	99,0	13,40	0,13535	99,0	15,0	0,013	1,159	4,13	5,2840	0,0881	0,7	260,2075	0,090		0,090
2	S (4-3)	0,00045	48,0	6,00	0,12500	48,0	12,0	0,013	0,965	2,00	2,9648	0,0494	0,7	382,4970	0,033		0,033
3	S (5-6)	0,00043	51,0	6,10	0,11961	51,0	12,0	0,013	0,986	2,13	3,1113	0,0519	0,7	370,3933	0,031		0,031
4	S (6-3)	0,00034	29,8	0,59	0,03007	29,8	21,0	0,013	3,442	1,24	4,6840	0,0781	0,7	281,9772	0,019	0,031	0,050
5	S (34-35)	0,00065	24,2	1,30	0,05372	24,2	12,0	0,013	1,472	1,01	2,4801	0,0413	0,7	430,8377	0,055	0,174	0,228
6	S (35-36)	0,00014	29,9	0,10	0,00334	29,9	9,0	0,013	4,424	1,25	5,6697	0,0945	0,7	248,2678	0,007	0,228	0,235
7	S (37-36)	0,00065	24,2	1,40	0,05785	24,2	12,0	0,013	1,418	1,01	2,4266	0,0404	0,7	437,152	0,056		0,056
8	S (36-38)	0,00000	9,0	0,13	0,01389	9,0	0,0	0,013	0,000	0,38	0,3750	0,0063	0,7	1518,008	0,000	0,290	0,290
9	S (8-7)	0,00039	48,0	5,97	0,12438	48,0	9,0	0,013	0,725	2,00	2,7254	0,0454	0,7	404,5794	0,031		0,031
10	S (9-10)	0,00039	48,0	5,40	0,11250	48,0	9,0	0,013	0,763	2,00	2,7628	0,0460	0,7	400,9270	0,030		0,030
11	S (10-7)	0,00041	24,6	0,08	0,00325	24,6	21,0	0,013	10,468	1,03	11,4931	0,1916	0,7	155,0018	0,012	0,030	0,042
12	S (39-38)	0,00044	24,2	1,37	0,05640	24,2	9,0	0,013	1,077	1,01	2,0856	0,0348	0,7	483,5917	0,041	0,042	0,083
13	S (38-40)	0,00145	30	0,13	0,00417	30	24,2	0,013	10,657	1,25	11,9073	0,1985	0,7	151,3862	0,043	0,374	0,417
14	S (12-11)	0,00039	48,0	4,90	0,10208	48	10,5	0,013	0,934	2,00	2,9342	0,0489	0,7	385,1550	0,030		0,030
15	S (13-14)	0,00035	48,0	4,20	0,08750	48	9,0	0,013	0,865	2,00	2,8649	0,0477	0,7	391,3412	0,027		0,027
16	S (14-11)	0,00019	21,0	0,25	0,00667	21	18,0	0,013	6,27	0,88	7,1418	0,1190	0,7	212,8584	0,008	0,027	0,035
17	S (41-40)	0,00012	19,5	1,24	0,06359	19,5	9,0	0,013	1,01	0,81	1,8271	0,0305	0,7	528,1947	0,012	0,064	0,076
18	S (40-42)	0,00059	27,0	0,16	0,00593	27	19,5	0,013	7,20	1,13	8,3258	0,1388	0,7	192,1660	0,022	0,493	0,515
19	S (16-15)	0,00000	48,0	4,08	0,08500	48	0,0	0,013	0,00	2,00	2,0000	0,0333	0,7	497,2883	0,000		0,000
20	S (17-18)	0,00045	48,0	3,53	0,07354	48	9,0	0,013	0,94	2,00	2,9434	0,0491	0,7	384,3505	0,034		0,034
21	S (18-15)	0,00011	24,9	0,26	0,01038	24,9	64,5	0,013	18,00	1,04	19,0379	0,3173	0,7	110,7173	0,002	0,034	0,036
22	S (43-42)	0,00023	19,5	1,35	0,06923	19,5	24,0	0,013	2,59	0,81	3,4054	0,0568	0,7	348,7508	0,016	0,551	0,566
23	S (42-44)	0,00022	24,0	0,13	0,00521	24	27,0	0,013	10,64	1,00	11,6351	0,1939	0,7	153,7384	0,006	0,566	0,573

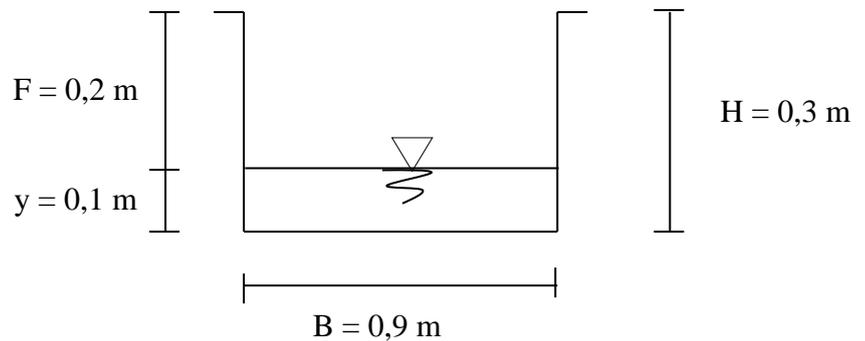
No	Saluran	Luas DPS (km ²)	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Ls (m)	Ll (m)	n	Waktu Konsentrasi				C	I	Qlimpasan (m ³ /det)	Qtambahan (m ³ /det)	Total Qrencana (m ³ /det)
									TL (mnt)	TS (mnt)	Tc (mnt)	Tc (jam)					
24	S (20-19)	0,00000	48,0	7,96	0,07292	48	0,0	0,013	0,00	2,00	2,0000	0,0333	0,7	497,2883	0,000		0,000
25	S (21-22)	0,00036	48,0	2,80	0,05833	48	9,0	0,013	1,06	2,00	3,0593	0,0510	0,7	374,5837	0,027		0,027
26	S (22-19)	0,00064	21	0,02	0,00072	21	66,0	0,013	69,97	0,88	70,8442	1,1807	0,7	46,1061	0,006	0,027	0,032
27	S (45-46)	0,00016	18,0	1,51	0,08389	18	21,0	0,013	2,06	0,75	2,8111	0,0469	0,7	396,3209	0,012	0,032	0,045
28	S (46-47)	0,00015	19,5	0,06	0,00313	19,5	24,0	0,013	12,20	0,81	13,0105	0,2168	0,7	142,7025	0,004	0,618	0,622
29	S (24-23)	0,00000	48,0	5,41	0,11263	48	0,0	0,013	0,00	2,00	2,0000	0,0333	0,7	497,2883	0,000		0,000
30	S (25-26)	0,00058	48,0	1,49	0,03113	48	24,0	0,013	3,87	2,00	5,8671	0,0978	0,7	242,6687	0,027		0,027
31	S (26-23)	0,00058	24,0	0,08	0,00313	24	51,0	0,013	25,93	1,00	26,9341	0,4489	0,7	87,8537	0,010	0,027	0,037
32	S (49-48)	0,00022	18,0	1,50	0,08311	18	19,5	0,013	1,92	0,75	2,6728	0,0445	0,7	409,8756	0,017	0,037	0,054
33	S (48-50)	0,00020	22,5	0,16	0,00693	22,5	27,0	0,013	9,22	0,94	10,1551	0,1693	0,7	168,3339	0,007	0,676	0,683
34	S (28-27)	0,00000	48,0	1,14	0,02365	48	0,0	0,013	0,00	2,00	2,0000	0,0333	0,7	497,2883	0,000		0,000
35	S (29-30)	0,00043	48,0	0,64	0,01323	48	21,0	0,013	5,19	2,00	7,1901	0,1198	0,7	211,9028	0,018		0,018
36	S (30-27)	0,00050	21,0	0,08	0,00390	21	51,0	0,013	23,20	0,88	24,0756	0,4013	0,7	94,6768	0,009	0,018	0,027
37	S (52-51)	0,00000	21,0	0,65	0,03086	21	0,0	0,013	0,00	0,88	0,8750	0,0146	0,7	862,8915	0,000	0,027	0,027
38	S (51-53)	0,00044	21,0	0,08	0,00362	21	21,0	0,013	9,92	0,88	10,7981	0,1800	0,7	161,5832	0,014	0,710	0,724
39	S (53-54)	0,00000	30,0	2,04	0,06807	30	0,0	0,013	0,00	1,25	1,2500	0,0208	0,7	680,2808	0,000	0,724	0,724
40	S (63-62)	0,00183	81,0	1,07	0,01315	81	57,0	0,013	14,13	3,38	17,5059	0,2918	0,7	117,0863	0,042		0,042
41	S (61-55)	0,00000	81,0	0,05	0,00057	81	0,0	0,013	0,00	3,38	3,3750	0,0563	0,7	350,8426	0,000	0,042	0,042
42	S (55-56)	0,00000	22,5	1,77	0,07844	22,5	0,0	0,013	0,00	0,94	0,9375	0,0156	0,7	824,1015	0,000	0,765	0,765
43	S (58-57)	0,00025	22,5	1,41	0,06249	22,5	0,0	0,013	0,00	0,94	0,9375	0,0156	0,7	824,1015	0,041	0,990	1,031
44	S (72-59)	0,00119	84	1,80	0,02145	84	18,0	0,013	3,49	3,50	6,9935	0,1166	0,7	215,8565	0,050		0,050
45	S (70-67)	0,00202	108	3,11	0,02880	108	22,5	0,013	3,77	4,50	8,2691	0,1378	0,7	193,0435	0,076		0,076
46	S (71-57)	0,00167	79,5	2,05	0,02572	79,5	22,5	0,013	3,99	3,31	7,3004	0,1217	0,7	209,7636	0,068	0,076	0,144
47	S (60-59)	0,00022	18	1,50	0,08350	18	24,0	0,013	2,36	0,75	3,1110	0,0518	0,7	370,4213	0,016	0,015	0,031
48	S (68-69)	0,00025	15	1,19	0,07940	15	33,0	0,013	3,33	0,63	3,9541	0,0659	0,7	315,691	0,015		0,015

5.3 Analisis Hidrolika

5.3.1 Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis kapasitas saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas daya tampung saluran terhadap debit air yang masuk

Saluran yang ada dilapangan memiliki ukuran dimensi yang relatif sama. Saluran tersebut berbentuk persegi dengan tanpa jagaan. (dapat dilihat pada gambar di bawah). Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas pada saluran, ditinjau pada Saluran (38 – 40).



Gambar 5.2 Dimensi saluran eksisting

Perhitungan :

$$H = 0,3 \text{ m}$$

$$y = H - F = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ m}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$S = 0,00417$$

➤ Luas penampang basah

$$A = B \times y$$

$$A = 0,9 \times 0,1 = 0,09 \text{ m}^2$$

➤ Keliling basah

$$P = B + 2y$$

$$P = 0,9 + 2(0,1) = 1,1 \text{ m}$$

➤ Jari – jari hidrolis

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

$$R = \frac{0,09}{1,1} = 0,08182 \text{ m}$$

➤ Kecepatan aliran

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

$$V = \frac{1}{0,013} (0,08182)^{2/3} (0,00417)^{1/2}$$

$$V = 0,9361 \text{ m/detik}$$

➤ Debit Kapasitas

$$Q_{kaps} = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q_{kaps} = \frac{1}{0,013} (0,09) (0,08182)^{2/3} (0,00417)^{1/2}$$

$$Q_{Kaps} = 0,08222 \text{ m}^3/\text{detik}$$

➤ Debit Rencana

$$Q_{rencana} = 0,278 C I A$$

$$Q_{rencana} = 0,278 \times 0,7 \times 151,386 \times 0,00145$$

$$Q_{rencana} = 0,04272 \text{ m}^3/\text{det}$$

Ditambah dengan debit saluran sebelumnya ($Q_{rencana}$ Saluran (36-38) dan Saluran (39-38)), $Q_{rencana} = 0,417 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Perhitungan kapasitas saluran eksisting selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.10.

5.3.2 Analisis Perbandingan Debit Rencana dengan Debit Saluran Eksisting

Setelah mendapatkan debit kapasitas pada saluran eksisting, kemudian dilakukan perbandingan antara debit rencana yang didapatkan dengan debit saluran eksisting yang telah dihitung. Saluran dinyatakan memenuhi kapasitas (mampu menampung debit rencana) jika $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. Perhitungan perbandingannya dapat di lihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.10 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

No	Saluran	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Jagaan (F)	Dimensi		y	Luas Penampang A (m ²)	Keliling Basah P (m)	n	jari-jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/det)	Debit Kapasitas Q kaps (m ³ /det)
				B	H							
1	S (1-2)	0,135354	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	5,140726294	0,246754862
2	S (4-3)	0,125000	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,940201761	0,237129685
3	S (5-6)	0,119608	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,832473811	0,231958743
4	S (6-3)	0,030073	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	2,19321889	0,07895588
5	S (34-35)	0,053719	0,2	0,30	0,23	0,03	0,009	0,360	0,013	0,0250	1,52433579	0,013719022
6	S (35-36)	0,003344	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	0,838405792	0,075456521
7	S (37-36)	0,057851	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	2,511074814	0,050221496
8	S (36-38)	0,013889	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	1,70853396	0,153768056
9	S (8-7)	0,124375	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,927835779	0,236536117
10	S (9-10)	0,112500	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,686686899	0,224960971
11	S (10-7)	0,003252	0,2	0,50	0,34	0,14	0,070	0,780	0,013	0,0897	0,879298595	0,061550902
12	S (39-38)	0,056405	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	2,47948771	0,049589754
13	S (38-40)	0,004167	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	0,93580259	0,084222233
14	S (12-11)	0,102083	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,464441134	0,214293174
15	S (13-14)	0,087500	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,133269336	0,198396928
16	S (14-11)	0,006667	0,2	0,50	0,34	0,14	0,070	0,780	0,013	0,0897	1,258963994	0,08812748
17	S (41-40)	0,063590	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	2,632672604	0,052653452
18	S (40-42)	0,005926	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	1,11600971	0,100440874
19	S (16-15)	0,085000	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,073794734	0,195542147
20	S (17-18)	0,073542	0,2	0,35	0,40	0,20	0,070	0,750	0,013	0,0933	4,292212676	0,300454887
21	S (18-15)	0,010375	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	1,288247536	0,046376911
22	S (43-42)	0,069231	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	2,746963544	0,054939271
23	S (42-44)	0,005208	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	1,046259103	0,094163319

No	Saluran	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Jagaan (F)	Dimensi		y	Luas Penampang	Keliling Basah	n	jari-jari Hidrolis	Kecepatan Aliran	Debit Kapasitas
				B	H		A (m ²)	P (m)		R (m)	V (m/det)	Q kaps (m ³ /det)
24	S (20-19)	0,072917	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	4,171559004	0,281580233
25	S (21-22)	0,058333	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	3,731155802	0,251853017
26	S (22-19)	0,000719	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	0,339124312	0,012208475
27	S (45-46)	0,083889	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	3,023817237	0,060476345
28	S (46-47)	0,003128	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	0,810844314	0,072975988
29	S (24-23)	0,112628	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	5,184507846	0,34995428
30	S (25-26)	0,031125	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	2,725459089	0,183968489
31	S (26-23)	0,003125	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	0,707002288	0,025452082
32	S (49-48)	0,083111	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	3,009766898	0,060195338
33	S (48-50)	0,006933	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	1,20714907	0,108643416
34	S (28-27)	0,023646	0,2	0,30	0,40	0,20	0,060	0,700	0,013	0,0857	2,299514222	0,137970853
35	S (29-30)	0,013229	0,2	0,30	0,40	0,20	0,060	0,700	0,013	0,0857	1,719986475	0,103199189
36	S (30-27)	0,003905	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	0,790302011	0,028450872
37	S (52-51)	0,030857	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	1,833923319	0,036678466
38	S (51-53)	0,003619	0,2	0,90	0,30	0,10	0,090	1,100	0,013	0,0818	0,872141621	0,078492746
39	S (53-54)	0,068067	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,371265967	0,966827874
40	S (63-62)	0,013148	0,2	0,20	0,32	0,12	0,024	0,440	0,013	0,0545	1,268609577	0,03044663
41	S (61-55)	0,000574	0,2	0,20	0,32	0,12	0,024	0,440	0,013	0,0545	0,265081646	0,006361959
42	S (55-56)	0,078444	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,766210758	1,037917936
43	S (58-57)	0,062489	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,146486258	0,926367527
44	S (72-59)	0,021452	0,2	0,20	0,32	0,12	0,024	0,440	0,013	0,0545	1,620441815	0,038890604
45	S (70-67)	0,028796	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	1,771624322	0,035432486
46	S (71-57)	0,025723	0,2	0,20	0,30	0,10	0,020	0,400	0,013	0,0500	1,674427735	0,033488555
47	S (60-59)	0,083500	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,94911897	1,070841415
48	S (68-69)	0,079400	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,801224433	1,044220398

Tabel 5.11 Perhitungan Perbandingan Debit Rencana dengan Saluran Eksisting

No	Saluran	Q rencana (m3/det)			Q Saluran Eksisting (m3/det)	Q Genangan (m3/det)	Kondisi Saluran
		Q limpasan (m3/det)	Q tambahan (m3/det)	Q total (m3/det)			
1	S (1-2)	0,0901	0	0,09013	0,246755		OK
2	S (4-3)	0,0335	0	0,03350	0,237130		OK
3	S (5-6)	0,0313	0	0,03128	0,231959		OK
4	S (6-3)	0,0187	0,031282082	0,05000	0,078956		OK
5	S (34-35)	0,0547	0,173632688	0,22838	0,013719	0,2146619	MELUAP
6	S (35-36)	0,0065	0,228380877	0,23490	0,075457	0,1594466	MELUAP
7	S (37-36)	0,0556	0	0,05555	0,050221	0,0053290	MELUAP
8	S (36-38)	0,0000	0,290453647	0,29045	0,153768	0,1366856	MELUAP
9	S (8-7)	0,0305	0	0,03051	0,236536		OK
10	S (9-10)	0,0302	0	0,03023	0,224961		OK
11	S (10-7)	0,0122	0,030232904	0,04245	0,061551		OK
12	S (39-38)	0,0410	0,042449062	0,08344	0,049590	0,0338523	MELUAP
13	S (38-40)	0,0427	0,373895692	0,41661	0,084222	0,3323901	MELUAP
14	S (12-11)	0,0295	0	0,02951	0,214293		OK
15	S (13-14)	0,0267	0	0,02673	0,198397		OK
16	S (14-11)	0,0078	0,026730401	0,03456	0,088127		OK
17	S (41-40)	0,0120	0,064067476	0,07609	0,052653	0,0234401	MELUAP
18	S (40-42)	0,0219	0,492705844	0,51458	0,100441	0,4141413	MELUAP
19	S (16-15)	0,0000	0	0,00000	0,195542		OK
20	S (17-18)	0,0337	0	0,03366	0,300455		OK
21	S (18-15)	0,0024	0,033657572	0,03603	0,046377		OK
22	S (43-42)	0,0159	0,550616266	0,56650	0,054939	0,5115579	MELUAP
23	S (42-44)	0,0065	0,566497121	0,57296	0,094163	0,4787960	MELUAP
24	S (20-19)	0,0000	0	0,00000	0,281580		OK
25	S (21-22)	0,0266	0	0,02657	0,251853		OK
26	S (22-19)	0,0058	0,02656986	0,03235	0,012208	0,0201395	MELUAP
27	S (45-46)	0,0125	0,032347992	0,04484	0,060476		OK
28	S (46-47)	0,0041	0,617801385	0,62186	0,072976	0,5488798	MELUAP
29	S (24-23)	0,0000	0	0,00000	0,349954		OK
30	S (25-26)	0,0272	0	0,02720	0,183968		OK
31	S (26-23)	0,0099	0,027200641	0,03707	0,025452	0,0116131	MELUAP
32	S (49-48)	0,0172	0,037065221	0,05429	0,060195		OK
33	S (48-50)	0,0066	0,67614956	0,68280	0,108643	0,5741560	MELUAP
34	S (28-27)	0,0000	0	0,00000	0,137971		OK
35	S (29-30)	0,0178	0	0,01781	0,103199		OK
36	S (30-27)	0,0093	0,017814075	0,02710	0,028451		OK
37	S (52-51)	0,0000	0,027099827	0,02710	0,036678		OK
38	S (51-53)	0,0139	0,709899216	0,72377	0,078493	0,6452733	MELUAP
39	S (53-54)	0,0000	0,72376606	0,72377	0,966828		OK
40	S (63-62)	0,0416	0	0,04163	0,030447	0,0111815	MELUAP
41	S (61-55)	0,0000	0,041628172	0,04163	0,006362	0,0352662	MELUAP
42	S (55-56)	0,0000	0,765394232	0,76539	1,037918		OK
43	S (58-57)	0,0406	0,990239861	1,03081	0,926368	0,1044460	MELUAP
44	S (72-59)	0,0500	0	0,04999	0,038891	0,0110962	MELUAP
45	S (70-67)	0,0759	0	0,07588	0,035432	0,0404514	MELUAP
46	S (71-57)	0,0682	0,075883875	0,14405	0,033489	0,1105647	MELUAP
47	S (60-59)	0,0156	0,015235477	0,03081	1,070841		OK
48	S (68-69)	0,0152	0	0,01524	1,044220		OK
Total						4,4233684	

5.3.3 Analisis Perubahan Dimensi Saluran Eksisitng

Dari hasil perbandingan yang dilakukan terdapat beberapa saluran yang tidak memenuhi syarat kapasitas. Maka dilakukan peubahan pada dimensi saluran dimana dimensi saluran yang di ubah adalah hanya kedalaman saluran. Dimensi kedalaman saluran yang digunakan adalah sama untuk semua saluran yang mengalami genangan air ataupun banjir.

Perubahan dimensi saluran ditinjau pada Saluran (34-35), dengan digunakan dimensi kedalaman saluran, $H = 0,5$

Perhitungan :

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$y = H - F = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$S = 0,05372$$

➤ Luas penampang basah

$$A = B \times y$$

$$A = 0,3 \times 0,3 = 0,090 \text{ m}^2$$

➤ Keliling basah

$$P = B + 2y$$

$$P = 0,3 + 2 (0,3) = 0,900 \text{ m}$$

➤ Jari – jari hidrolis

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

$$R = \frac{0,090}{0,900} = 0,1 \text{ m}$$

➤ Kecepatan aliran

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

$$V = \frac{1}{0,013} (0,1)^{2/3} (0,05372)^{1/2}$$

$$V = 3,84108 \text{ m/detik}$$

➤ Debit Kapasitas

$$Q_{kaps} = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q_{kaps} = \frac{1}{0,013} (0,090) (0,1)^{2/3} (0,05372)^{1/2}$$

$$Q_{Kaps} = 0,34569 \text{ m}^3/\text{detik}$$

➤ Debit Rencana

$$Q_{rencana} = 0,278 C I A$$

$$Q_{rencana} = 0,278 \times 0,7 \times 430,8377 \times 0,00065$$

$$Q_{rencana} = 0,055 \text{ m}^3/\text{det}$$

[.itambah dengan debit saluran sebelumnya ($Q_{rencana}$ Saluran (1-2), Saluran (4-3) dan Saluran (39-38)), $Q_{rencana} = 0,22838 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 untuk perubahan dimensi saluran dan Tabel 5.13 untuk perbandingan debit rencana dengan saluran eksisiting yang telah diubah dimensinya.

Tabel 5.12 Perhitungan Perubahan Dimensi Saluran Eksisting

No	Saluran	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Jagaan (F)	Dimensi		y	Luas Penampang	Keliling Basah	n	jari-jari Hidrolis	Kecepatan Aliran	Debit Kapasitas
				B	H		A (m ²)	P (m)		R (m)	V (m/det)	Q kaps (m ³ /det)
1	S (1-2)	0,135354	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	5,140726294	0,246754862
2	S (4-3)	0,125000	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,940201761	0,237129685
3	S (5-6)	0,119608	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,832473811	0,231958743
4	S (6-3)	0,030073	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	2,19321889	0,07895588
5	S (34-35)	0,053719	0,2	0,30	0,50	0,30	0,090	0,900	0,013	0,1000	3,841085498	0,345697695
6	S (35-36)	0,003344	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,41819535	0,382912744
7	S (37-36)	0,057851	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,290438854	0,197426331
8	S (36-38)	0,013889	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	2,890050309	0,780313583
9	S (8-7)	0,124375	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,927835779	0,236536117
10	S (9-10)	0,112500	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,686686899	0,224960971
11	S (10-7)	0,003252	0,2	0,50	0,34	0,14	0,070	0,780	0,013	0,0897	0,879298595	0,061550902
12	S (39-38)	0,056405	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,249048039	0,194942882
13	S (38-40)	0,004167	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,582945747	0,427395352
14	S (12-11)	0,102083	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,464441134	0,214293174
15	S (13-14)	0,087500	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,133269336	0,198396928
16	S (14-11)	0,006667	0,2	0,50	0,34	0,14	0,070	0,780	0,013	0,0897	1,258963994	0,08812748
17	S (41-40)	0,063590	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,449777036	0,206986622
18	S (40-42)	0,005926	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,887772957	0,509698698
19	S (16-15)	0,085000	0,2	0,30	0,36	0,16	0,048	0,620	0,013	0,0774	4,073794734	0,195542147
20	S (17-18)	0,073542	0,2	0,35	0,40	0,20	0,070	0,750	0,013	0,0933	4,292212676	0,300454887
21	S (18-15)	0,010375	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	1,288247536	0,046376911
22	S (43-42)	0,069231	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,599540534	0,215972432
23	S (42-44)	0,005208	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,769787147	0,47784253

No	Saluran	Kemiringan Dasar Saluran (S)	Jagaan (F)	Dimensi		y	Luas Penampang	Keliling Basah	n	jari-jari Hidrolis	Kecepatan Aliran	Debit Kapasitas
				B	H		A (m ²)	P (m)		R (m)	V (m/det)	Q kaps (m ³ /det)
24	S (20-19)	0,072917	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	4,171559004	0,281580233
25	S (21-22)	0,058333	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	3,731155802	0,251853017
26	S (22-19)	0,000719	0,2	0,30	0,50	0,30	0,090	0,900	0,013	0,1000	0,444378561	0,03999407
27	S (45-46)	0,083889	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,962321501	0,23773929
28	S (46-47)	0,003128	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,37157406	0,370324996
29	S (24-23)	0,112628	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	5,184507846	0,34995428
30	S (25-26)	0,031125	0,2	0,45	0,35	0,15	0,068	0,750	0,013	0,0900	2,725459089	0,183968489
31	S (26-23)	0,003125	0,2	0,30	0,50	0,30	0,090	0,900	0,013	0,1000	0,926435081	0,083379157
32	S (49-48)	0,083111	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	3,943910349	0,236634621
33	S (48-50)	0,006933	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	2,041938658	0,551323438
34	S (28-27)	0,023646	0,2	0,30	0,40	0,20	0,060	0,700	0,013	0,0857	2,299514222	0,137970853
35	S (29-30)	0,013229	0,2	0,30	0,40	0,20	0,060	0,700	0,013	0,0857	1,719986475	0,103199189
36	S (30-27)	0,003905	0,2	0,30	0,32	0,12	0,036	0,540	0,013	0,0667	0,790302011	0,028450872
37	S (52-51)	0,030857	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	2,403119378	0,144187163
38	S (51-53)	0,003619	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	1,47526079	0,398320413
39	S (53-54)	0,068067	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,371265967	0,966827874
40	S (63-62)	0,013148	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	1,568663475	0,094119808
41	S (61-55)	0,000574	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	0,32777925	0,019666755
42	S (55-56)	0,078444	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,766210758	1,037917936
43	S (58-57)	0,062489	0,2	0,90	0,50	0,30	0,270	1,500	0,013	0,1800	6,130177537	1,655147935
44	S (72-59)	0,021452	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	2,003711728	0,120222704
45	S (70-67)	0,028796	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	2,321484598	0,139289076
46	S (71-57)	0,025723	0,2	0,20	0,50	0,30	0,060	0,800	0,013	0,0750	2,194121039	0,131647262
47	S (60-59)	0,083500	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,94911897	1,070841415
48	S (68-69)	0,079400	0,2	0,90	0,40	0,20	0,180	1,300	0,013	0,1385	5,801224433	1,044220398

Tabel 5.13 Perbandingan Debit Rencana dengan Saluran Eksisting (dimensi H = 0,5 m)

No	Saluran	Q rencana (m3/det)			Q Saluran Eksisting (m3/det)	Q Genangan (m3/det)	Kondisi Saluran
		Q limpasan (m3/det)	Q tambahan (m3/det)	Q total (m3/det)			
1	S (1-2)	0,0901	0	0,09013	0,246755		OK
2	S (4-3)	0,0335	0	0,03350	0,237130		OK
3	S (5-6)	0,0313	0	0,03128	0,231959		OK
4	S (6-3)	0,0187	0,031282082	0,05000	0,078956		OK
5	S (34-35)	0,0547	0,173632688	0,22838	0,345698		OK
6	S (35-36)	0,0065	0,228380877	0,23490	0,382913		OK
7	S (37-36)	0,0556	0	0,05555	0,197426		OK
8	S (36-38)	0,0000	0,290453647	0,29045	0,780314		OK
9	S (8-7)	0,0305	0	0,03051	0,236536		OK
10	S (9-10)	0,0302	0	0,03023	0,224961		OK
11	S (10-7)	0,0122	0,030232904	0,04245	0,061551		OK
12	S (39-38)	0,0410	0,042449062	0,08344	0,194943		OK
13	S (38-40)	0,0427	0,373895692	0,41661	0,427395		OK
14	S (12-11)	0,0295	0	0,02951	0,214293		OK
15	S (13-14)	0,0267	0	0,02673	0,198397		OK
16	S (14-11)	0,0078	0,026730401	0,03456	0,088127		OK
17	S (41-40)	0,0120	0,064067476	0,07609	0,206987		OK
18	S (40-42)	0,0219	0,492705844	0,51458	0,509699	0,0048835	MELUAP
19	S (16-15)	0,0000	0	0,00000	0,195542		OK
20	S (17-18)	0,0337	0	0,03366	0,300455		OK
21	S (18-15)	0,0024	0,033657572	0,03603	0,046377		OK
22	S (43-42)	0,0159	0,550616266	0,56650	0,215972	0,3505247	MELUAP
23	S (42-44)	0,0065	0,566497121	0,57296	0,477843	0,0951168	MELUAP
24	S (20-19)	0,0000	0	0,00000	0,281580		OK
25	S (21-22)	0,0266	0	0,02657	0,251853		OK
26	S (22-19)	0,0058	0,02656986	0,03235	0,039994		OK
27	S (45-46)	0,0125	0,032347992	0,04484	0,237739		OK
28	S (46-47)	0,0041	0,617801385	0,62186	0,370325	0,2515308	MELUAP
29	S (24-23)	0,0000	0	0,00000	0,349954		OK
30	S (25-26)	0,0272	0	0,02720	0,183968		OK
31	S (26-23)	0,0099	0,027200641	0,03707	0,083379		OK
32	S (49-48)	0,0172	0,037065221	0,05429	0,236635		OK
33	S (48-50)	0,0066	0,67614956	0,68280	0,551323	0,1314760	MELUAP
34	S (28-27)	0,0000	0	0,00000	0,137971		OK
35	S (29-30)	0,0178	0	0,01781	0,103199		OK
36	S (30-27)	0,0093	0,017814075	0,02710	0,028451		OK
37	S (52-51)	0,0000	0,027099827	0,02710	0,144187		OK
38	S (51-53)	0,0139	0,709899216	0,72377	0,398320	0,3254456	MELUAP
39	S (53-54)	0,0000	0,72376606	0,72377	0,966828		OK
40	S (63-62)	0,0416	0	0,04163	0,094120		OK
41	S (61-55)	0,0000	0,041628172	0,04163	0,019667	0,0219614	MELUAP
42	S (55-56)	0,0000	0,765394232	0,76539	1,037918		OK
43	S (58-57)	0,0406	0,990239861	1,03081	1,655148		OK
44	S (72-59)	0,0500	0	0,04999	0,120223		OK
45	S (70-67)	0,0759	0	0,07588	0,139289		OK
46	S (71-57)	0,0682	0,075883875	0,14405	0,131647	0,0124060	MELUAP
47	S (60-59)	0,0156	0,015235477	0,03081	1,070841		OK
48	S (68-69)	0,0152	0	0,01524	1,044220		OK
Total						1,1933448	

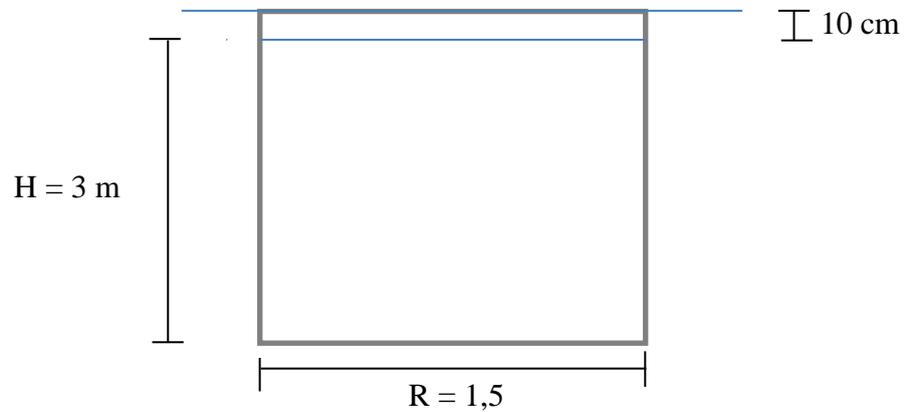
Setelah dilakukan perubahan dimensi pada seluruh saluran yang mengalami masalah genangan air ataupun banjir, masih terdapat beberapa saluran yang belum dapat menampung kelebihan air sehingga diperlukan penyelesaian untuk masalah yang ada. Saluran yang sudah ada dan direncanakan tidak akan dilakukan perubahan dimensi lagi (terutama untuk pelebaran saluran) dikarenakan kondisi perumahan yang padat dan untuk menjaga fungsi infrastruktur lainnya. Hal ini dilakukan sebagai salah satu patokan dalam merencanakan sistem drainase yaitu menghindari sedapat mungkin pembongkaran saluran/bangunan drainase yang sudah ada (eksisting) sehingga dicari alternatif yaitu pembangunan sumur resapan.

5.4. Analisis Perencanaan Sumur Resapan

Berdasarkan analisis perhitungan perbandingan debit rencana dengan saluran eksisting yang telah direncanakan, diketahui bahwa total debit genangan pada seluruh saluran yang meluap adalah $1,19335 \text{ m}^3/\text{det}$. Rekomendasi yang diusulkan untuk menangani genangan akibat kapasitas tampung saluran drainase yang tidak mencukupi adalah dengan perencanaan Sumur Resapan.

Konsep awal sumur resapan yaitu sebagai pengganti dari pembongkaran atau perubahan dimensi saluran yang ada. Akan tetapi sebelum merencanakan sumur resapan, untuk mengurangi kelebihan air disaluran digunakan perubahan dimensi saluran hanya pada kedalaman saluran. Setelah melakukan perubahan dimensi, ternyata masih terdapat beberapa saluran yang mengalami genangan air ataupun banjir. Perencanaan sumur resapan akan di buat pada lokasi terjadinya genangan ataupun banjir. Dimensi sumur resapan yang direncanakan di buat secara tipikal yaitu berbentuk silinder dengan diameter sumur 1,5 m dan kedalam sumur resapan berkisaran antara 2 – 3 m. Sedangkan diatas sumur diberi tutup yang terbuat dari plat beton setebal 10 cm yang terbuat dari beton berpori agar air dapat meresap kedalam sumur resapan.

Perhitungan perencanaan sumur resapan di tinjau pada Saluran (S 40-42).
Dimensi sumur resapan dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 5.3 Dimensi Sumur Resapan

$$\begin{aligned}
 H &= 3 \text{ m} \\
 R &= 1,5 \text{ m} \\
 F &= 4\pi R \\
 &= 4 \times 3,14 \times 1,5 = 18,84 \text{ m} \\
 T &= 0,0413 \text{ jam} \\
 &= 0,0413 \times 3600 \text{ det} = 148,68 \text{ det} \\
 K &= 4,5 \times 10^{-4} \text{ cm/det} = 4,5 \times 10^{-6} \text{ m/det} = 0,0000045 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

(untuk nilai K di ambil pada Tabel Nilai Koefisien Permeabilitas Secara Kasar” berdasarkan nilai D10 yang didapatkan dari hasil hitungan laboratorium yang terdapat pada lampiran. Tanah lanau memiliki daya resap air yang baik)

➤ Debit resapan :

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left(1 - e^{-\frac{F K T}{\pi R^2}} \right)$$

$$3 = \frac{Q}{18,84 \times 0,0000045} \left(1 - e^{-\frac{(18,84 \times 0,0000045 \times 148,68)}{\pi 1,5^2}} \right)$$

$$Q = 0,14256 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari perhitung di atas, didapatkan bahwa Q_{resapan} pada Saluran (S 40 – 42) adalah $0,14256 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk menanggulangi Q_{genangan} pada saluran tersebut, akan dibuat sumur resapan sebanyak 1 buah.

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Analisis Debit Resapan dan Jumlah Sumur Resapan

No	Saluran	Waktu Pengaliran		Q Genangan (m ³ /det)	K	Dimensi Sumur Resapan			Q Sumur Resapan (m ³ /det)	Jumlah Sumur Resapan (buah)	
		T (jam)	T (det)			H	R	F		Hit	Total
1	S (40-42)	0,138764	499,5497	0,00488352	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	0,03426	1
2	S (43-42)	0,056757	204,3247	0,35052469	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	2,45878	3
3	S (42-44)	0,193918	698,1041	0,09511677	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	0,66720	1
4	S (46-47)	0,216842	780,6316	0,2515308	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	1,76438	2
5	S (48-50)	0,169252	609,307	0,13147595	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	0,92225	1
6	S (51-53)	0,179969	647,887	0,32544565	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	2,28287	3
7	S (61-55)	0,05625	202,5	0,02196142	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	0,15405	1
8	S (71-57)	0,121674	438,0246	0,01240599	0,0000045	3	1,5	18,84	0,1425602	0,08702	1
Jumlah				1,19334478					1,1404813		13

5.5 Beton berpori

Sebelum melakukan penelitian dilaboratorium maka peneliti menyiapkan alat dan bahan. Melakukan uji pendahuluan untuk mendapat komposisi beton berpori. Pembuatan beton berpori dengan gradasi agregat seragam. Rencana proporsi komposisi beton berpori berdasarkan Faktor Air Semen 0,3; 0,35; dan 0,4 . Membuat adukan beton dan membuat benda uji untuk mengukur / menguji kuat tekan ,lentur, porositas dan benda uji permeabilitas.

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus berupa pasir dan agregat kasar batu pecah (ukuran 1-2 cm) dengan gradasi seragam yang diharapkan dapat memberi rongga yang cukup untuk membuat pori yang saling terhubung. Sehingga beton berpori mempunyai karakteristik beton berpori yaitu porositas dan permeabilitas yang baik.

Rencana Campuran Beton K225 dengan Metode SK SNI T-15-1990-03 dan kebutuhan bahan per 1 m³ mutu f[']c 17,892 (K225) yaitu :

Air = 225 liter

Semen = 448,83 kg

Pasir = 575,00 kg

Kerikil = 1116,17 kg, jumlah Seluruh Bahan = 2365 kg

Uji Pendahuluan Beton Berpori

Dari hasil pengujian porositas dengan metode beton normal dan metode void in mix (VIM) dapat diketahui bahwa porositas yang terjadi sudah memenuhi sebagai syarat beton berpori yaitu 20,557% dengan metode beton normal dan 25,088% dengan metode void in mix . Sehingga dipakai komposisi campuran beton berpori dipilih campuran dengan 30% pasir yang kemudian di lakukan pengujian lagi dengan variasi FAS : 0,3; 0,35 dan 0,4.

Setelah dibuat beberapa benda uji sesuai variasi FAS , dilakukan pengamatan pada umur 3 hari, 14 hari dan 28 hari .

Penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur, porositas dan permeabilitas dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Beton Berpori

FAS Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Kuat lentur (MPa)	Porositas metode beton normal (%)	Metode VIM (%)	Permeabilitas vertikal (%)	Permeabilitas horisontal (%)
0.30	4,513	0,117	20,213	23,423	1,311	3,244
0.35	5,009	0,398	20,843	25,814	1,342	2,525
0.40	4,231	0,287	20,797	26,622	1,396	2,008

Kuat tekan, dan kuat lentur beton berpori pada penelitian ini didapat nilai tertinggi yaitu pada campuran 30% pasir dan FAS 0,35 sebesar 5,009 MPa dan kuat lentur sebesar 0,398 Mpa. Beton berpori dari hasil penelitian ini belum memenuhi syarat untuk penggunaan sebagai perkerasan jalan normal namun sudah dapat digunakan sebagai material beton pada bahu jalan atau penutup sumur resapan yang diletakan pada bahu jalan dan lahan terbuka. Untuk lebih memastikan keamanan harus diberi tanda agar tidak dilewati kendaraan.

5.6 Pembahasan

Survei Lokasi

Survei lokasi yaitu melakukan survei lapangan untuk melihat keadaan lokasi penelitian dan saluran eksisitng drainase yang ada. Serta melakukan wawancara terhadap beberapa warga sekitar Perumahan Wenwin Sea – Tumpengan mengenai permasalahan yang berhubungan dengan judul penelitian yaitu berupa genangan air ataupun banjir.

Analisis Hidrologi

Dalam analisis hidrologi dilakukan uji outlier untuk mengetahui apakah terdapat data yang menyimpang dari data yang diambil, akan tetapi setelah melakukan uji outlier tersebut tidak terdapat data yang menyimpang. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mengetahui hujan rencana dan tipe distribusi yang akan digunakan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data yang telah dikoreksi didapat Standart deviasi (S) = 34,9475; Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*) (C_s) = 1,3935; Koefisien Kurtosis = 5,274 dan Koefisien variasi (C_v) = 0,33822. Dengan melihat syarat-syarat distribusi yang ada, maka digunakan distribusi Log-Person III. Pada analisis hidrologi akan didapatkan nilai debit rencana pada lokasi tersebut. Nilai hujan rencana yang didapat dari hasil analisis adalah

$X_{TR} = 148,57$ mm dengan periode kala ulang 10 tahun.

Analisis Hidrolika

Pada tahap ini dilakukan analisis hidrolika untuk mengetahui kondisi saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian apakah saluran tersebut mampu menampung debit air yang masuk ke dalam saluran dengan mengacu pada syarat $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terdapat beberapa saluran yang tidak mampu menampung debit air yang masuk. Ketidakmampuan inilah yang menyebabkan terjadinya genangan air ataupun banjir. Kemudian dilakukan analisis perubahan dimensi berupa kedalaman saluran pada saluran yang mengalami genangan, akan tetapi perubahan dimensi ini masih terdapat beberapa saluran yang mengalami genangan. Maka dari itu dilakukan perencanaan drainase berwawasan lingkungan berupa sumur resapan berpenutup beton berpori.

Analisis Perencanaan Sumur Resapan

Perencanaan sumur resapan dilakukan sebagai penyelesaian dari permasalahan terjadinya genangan air ataupun banjir pada Perumahan Wenwin Sea Tumpengan. Analisis yang dilakukan adalah untuk mengetahui debit resapan pada sumur yang akan direncanakan dan juga untuk mengetahui berapa jumlah sumur yang diperlukan untuk mengatasi genangan air ataupun banjir.

5.7 Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

Berdasarkan dari hasil analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Hujan rencana berdasarkan P3KT di Sulawesi Utara dengan periode ulang 10 tahun adalah 148,57 mm.
2. Dari 48 saluran yang ada pada lokasi penelitian terdapat 21 saluran yang tidak mampu menampung debit rencana yang diberikan, yaitu : S (34-35), S (35-36), S (37-36), S (36-38), S (39-38), S (38-40), S (41-40), S (40-42), S (43-42), S (42-44), S (22-19), S (46-47), S (26-23), S (49-50), S (51-53), S (63-62), S (61-55), S (58-57), S (72-59), S (70-67), S (71-57)
3. Dari 21 saluran yang ada dilakukan perubahan dimensi saluran berupa penambahan kedalaman saluran yaitu $H = 0,5$ m dan terdapat 8 saluran yang masih mengalami masalah mengenai genangan, yaitu : S (40-42), S (43-42), S (42-44), S (46-47), S

(48-50), S (51-53), S (61-55) dan S (71-57)

4. Total debit yang meluap di seluruh saluran adalah 1,140483 m³/det.
5. Alternatif yang digunakan dalam menanggulangi genangan air ataupun banjir adalah sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) dengan menggunakan sumur resapan.
6. Jumlah keseluruhan sumur resapan yang dibutuhkan untuk menampung debit yang meluap adalah 13 buah, dengan ukuran dimensi sumur resapan yaitu H = 3 m, dan R = 1,5 m.
7. Kuat tekan dan kuat lentur beton berpori pada penelitian ini mendapat nilai tertinggi yaitu pada campuran 30% pasir dengan FAS 0,35 sebesar masing-masing 5,009 MPa untuk kuat tekan dan 0,398 MPa untuk kuat lentur. Permeabilitas sebesar 25,814 % dan kondisi ini sudah cukup layak untuk digunakan sebagai penutup sumur resapan.

Saran

Agar sistem drainase pada daerah perumahan dapat bekerja secara optimal, maka disarankan :

1. Melakukan pembersihan saluran secara rutin baik dari sampah maupun endapan yang terdapat di tiap-tiap saluran.
2. Merubah dimensi saluran berupa penambahan kedalaman saluran.
3. Memberikan penyuluhan tentang pemanfaatan sumur resapan kepada masyarakat sebagai salah satu cara untuk menanggulangi genangan air ataupun banjir.
4. Mencari alternatif lain sebagai material dasar beton berpori agar kelestarian lingkungan dapat lebih terjaga.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang bisa disimpulkan dalam laporan kemajuan penelitian ini adalah,

1. Sejauh ini tahapan penelitian sudah selesai dilakukan
2. Dapat disimpulkan bahwa tahapan kemajuan penelitian sudah mencapai 100% dari keseluruhan pelaksanaan penelitian.
3. Langkah selanjutnya adalah mendapatkan HKI sebagai luaran wajib dari skema Riset Terapan Unggulan Unsrat

6.2 Saran

1. Hasil penelitian ini perlu disinkronkan dengan rekomendasi kebijakan dari pemerintah sehingga hasilnya dapat diimplementasikan untuk menguntungkan pemerintah dan masyarakat.
2. Mengajak mitra / masyarakat untuk lebih memahami dan mau berpartisipasi pada kegiatan operasional dan pemeliharaan sebagai tambahan penguasaan pengetahuan aplikatif yang dapat dipergunakan oleh Mitra / masyarakat selama implementasi dan setelah pelaksanaan program.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2010. *HEC-RAS 4.1.0 River Analysis System*. Hydrologic Engineering Center U.S. Army Corps of Engineers, USA.
- _____, 2013. *HEC-HMS 4.0 Hydrologic Modeling System*. Hydrologic Engineer Center U.S Army Corps of Engineer, USA.
- _____, *Data Hujan Harian Stasiun Winangun*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I, Manado.
- _____, *Data Hujan Harian Stasiun Rumengkor*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I, Manado.
- _____, *Data Hujan Harian Stasiun Paleloan*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I, Manado.
- _____, *Data Hujan Harian Stasiun Noongan*, Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I, Manado.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta
- Egashira S., Ashida K., Tanonaka S., And Sato T.(1992). Studies on Mud Flow-Stress Structure, Annuals Disaster Prevention Res. Inst., Kyoto University. No.35,B-2, 79-88.
- Ilhamsyah Yopi, (2012). *Nash dan Sutcliffe*
- Kusnaedi. 2011. *Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan Dan Pedesaan*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sunjoto, 2011. *Teknik Drainase Pro-Air*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Surat Tugas Penelitian

REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201846482, 21 September 2018

Pencipta

Nama : **Liany Amelia Hendratta, Muh. Airiansyah Rurung, Sukarno, Hanny Tangkudung**

Alamat : **Lingkungan 1 No. 31, Rt. ...-Rw. 001 Desa. Batukota, Kec. Malalayang, Manado, Sulawesi Utara, 95115**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Liany Amelia Hendratta**

Alamat : **Lingkungan 1 No. 31, Rt.-Rw. 001 Desa. Batukota, Kec. Malalayang, Manado, Sulawesi Utara, 95115**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Jenis Ciptaan : **Buku Panduan/Petunjuk**

Judul Ciptaan : **Penanggulangan Genangan Air Banjir Yang Berwawasan Lingkungan Dengan Sumur Resapan Berpenutup Beton Berpori**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : **13 September 2018, di Manado**

Jangka waktu perlindungan : **Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.**

Nomor pencatatan : **000118199**

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001