

**ANALISIS PENGARUH PENERAPAN *RAIN GARDEN*
TERHADAP PENURUNAN DEBIT PUNCAK LIMPASAN
PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE *RASIONAL***

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
Yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh :

AFDHAL

NPM : 2203120011



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH-BANDA ACEH
2026**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Penerapan *Rain Garden* Terhadap Penurunan Debit Puncak Limpasan Permukaan Menggunakan Metode *Rasional*”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Afdhal
NIM : 2203120011
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 11 Agustus 2026.

Banda Aceh, 11 Agustus 2026

Disetujui Oleh,

Pembimbing,


Yulia, ST., MT., IPM
NIDN. 1319078601

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM
ASEAN Eng
NIK. 19790420 200405 2 001

Menyetujui/Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh


Dr. Idris, MT, IPM
NIK. 196812061997072001

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

"Analisis Pengaruh Penerapan *Rain Garden* Terhadap Penurunan Debit Puncak
Limpasan Permukaan Menggunakan Metode *Rasional*"

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Afdhal
NIM : 2203120011
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Pembimbing Banda Aceh, 11 Agustus 2026


Yulia, ST., MT., IPM
NIDN. 1319078601

Penguji I,


Akmal, ST, M.Eng, IPM
NIDN. 1308068301

Penguji II,


Ir. Munawir, ST., MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0129068303

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Matmunah, ST, M. Eng, IPM, ASEAN Eng
NIK. 19790420 200405 2 001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afdhal

NIM : 2203120011

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Didalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat duplikasi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah – olah hasil karya saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian – bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat digunakan seperlunya.

Banda Aceh 11 Agustus 2026
Saya yang membuat pernyataan

Afdhal
NIM : 2203120011

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Penerapan *Rain Garden* Terhadap Penurunan Debit Puncak Limpasan Permukaan Menggunakan Metode *Rasional*” disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, arahan, serta bantuan dari berbagai pihak, khususnya dari pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada Ibu Yulia, ST., MT.,IPM yang dengan sabar memberikan motivasi, arahan, serta masukan berharga sehingga penulisan ini dapat terselesaikan.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Dr. Ir. Wahyuni, MT, IPM.
2. Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng. dan Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP.
3. Bapak Akmal, ST, M.Eng, IPM selaku penguji I dan Bapak Ir. Munawir, ST., MT, IPM, ASEAN Eng selaku penguji II, atas saran dan masukan berharga yang memperkaya penulisan tugas akhir ini.
4. Seluruh tenaga pengajar di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta serta seluruh anggota keluarga yang tidak pernah lelah memberikan semangat, nasihat, dukungan serta doa kepada penulis sehingga sampai di tahap ini.

6. Terima kasih juga kepada rekan-rekan mahasiswa/i Prodi Teknik Sipil, khususnya leting 22, atas kebersamaan, dukungan, serta semangat yang sangat berarti.
7. Tidak lupa pula penulis berterima kasih kepada sahabat-sahabat di luar kampus Universitas Muhammadiyah Aceh, yang selalu mensupport dan mendampingi penulis didalam penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa hal-hal yang telah penulis tuliskan dalam tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat untuk kesempurnaan penulis.

Akhirnya kepada Allah SWT jugalah kita berserah diri, karena tiada satupun dapat terjadi jika tidak atas kehendak-Nya dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amiin.

Banda Aceh, 11 Agustus 2026

Penulis

Afdhal

NIM : 2203120011

ANALISIS PENGARUH PENERAPAN *RAIN GARDEN* TERHADAP PENURUNAN DEBIT PUNCAK LIMPASAN PERMUKAAN MENGUNAKAN METODE *RASIONAL*

Oleh:
Afdhal
2203120011

Pembimbing:
Yulia, ST, MT, IPM

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan di kawasan permukiman meningkatkan luas permukaan kedap air sehingga menurunkan infiltrasi tanah dan memperbesar limpasan permukaan yang berisiko menimbulkan genangan serta membebani sistem drainase. Permasalahan di lokasi penelitian adalah tingginya limpasan permukaan akibat dominasi permukaan kedap air, sementara pengurangan limpasan melalui rain garden belum diketahui pengaruhnya terhadap debit puncak. Rain garden merupakan penerapan konsep Low Impact Development (LID) berupa taman resapan yang dirancang menampung sementara air hujan dan meningkatkan infiltrasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan rain garden terhadap penurunan debit puncak limpasan permukaan di Komplek Perumahan Kompi Markas Rindam Iskandar Muda, Gampong Japakeh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis hidrologi melalui Metode Rasional, berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan BMKG periode 2013–2022 serta data primer hasil survei lapangan. Analisis frekuensi curah hujan dilakukan dengan Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III, dilanjutkan uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan distribusi terbaik. Selanjutnya dihitung intensitas hujan, waktu konsentrasi, koefisien limpasan, dan debit puncak pada kondisi eksisting maupun setelah penerapan rain garden. Hasil penelitian menunjukkan debit puncak limpasan kondisi eksisting sebesar 0,001006; 0,001428; dan 0,001704 m³/detik untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun, yang menurun menjadi 0,001004; 0,001425; dan 0,001700 m³/detik setelah penerapan rain garden, seiring turunnya koefisien limpasan gabungan dari 0,7136 menjadi 0,7127. Penerapan rain garden menghasilkan reduksi debit puncak sebesar 0,13% pada setiap kala ulang. Besaran reduksi relatif kecil karena luas rain garden hanya 2 m² dibandingkan luas daerah tangkapan 110 m². Dapat disimpulkan bahwa rain garden efektif menurunkan debit puncak limpasan meskipun dalam skala terbatas, sehingga perlu diperluas agar memberikan pengaruh lebih signifikan terhadap pengendalian limpasan di kawasan permukiman untuk meningkatkan fungsi hidrologis kawasan.

Kata kunci: debit puncak, koefisien limpasan, limpasan permukaan, metode rasional, *rain garden*.

ABSTRACT



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Limpasan Permukaan (<i>Surface Runoff</i>).....	4
2.1.1 Definisi Limpasan Permukaan	4
2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan ...	5
2.1.3 Dampak Limpasan Permukaan di Kawasan Perkotaan.....	5
2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan.....	6
2.3 Metode <i>Rasional</i>	9
2.3.1 Konsep Dasar Metode <i>Rasional</i>	9
2.3.2 Persamaan Metode <i>Rasional</i>	9
2.3.3 Parameter Metode <i>Rasional</i>	10
2.3.4 Asumsi dan Keterbatasan Metode <i>Rasional</i>	13
2.4 <i>Rain Garden</i>	13
2.4.1 Definisi dan Konsep <i>Rain Garden</i>	14
2.4.2 Komponen dan Struktur <i>Rain Garden</i>	14
2.4.3 Mekanisme Kerja <i>Rain Garden</i> dalam Mengurangi Limpasan	15
2.4.4 Manfaat <i>Rain Garden</i>	15
2.5 Hubungan <i>Rain Garden</i> dengan Metode <i>Rasional</i>	16

2.5.1 Pengaruh <i>Rain Garden</i> terhadap Koefisien Limpasan	16
2.5.2 Pengaruh Penurunan Koefisien Limpasan terhadap Debit Puncak	16
2.7 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Lokasi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1 Peralatan	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Persiapan Penelitian	23
3.3.1 Langkah-Langkah Pembuatan <i>Rain Garden</i>	23
3.4 Metode Pengumpulan Data	26
3.4.1 Data Primer	27
3.4.2 Data Sekunder	27
3.4.3 Periode Data	28
3.5 Pengolahan Data	28
3.5.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan	28
3.5.2 Penentuan Luas Daerah Tangkapan (A)	29
3.5.3 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan (C)	29
3.5.4 Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c)	29
3.5.5 Perhitungan Intensitas Hujan (I)	29
3.5.6 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting	29
3.5.7 Penerapan <i>Rain Garden</i>	30
3.5.8 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan Setelah Penerapan <i>Rain</i> <i>Garden</i>	30
3.5.9 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan <i>Rain</i> <i>Garden</i>	30
3.5.10 Evaluasi Efektivitas <i>Rain Garden</i>	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan	31
4.1.1 Distribusi Normal	31

4.1.2 Distribusi Log Normal	33
4.1.3 Distribusi Log Pearson III.....	33
4.1.4 Distribusi Gumbel	34
4.1.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana	35
4.2 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi (Uji Smirnov-Kolmogorov)	35
4.3 Luas Daerah Tangkapan (A)	36
4.4 Koefisien Limpasan (C) Kondisi Eksisting.....	37
4.5 Kemiringan Lintasan Aliran dan Waktu Konsentrasi (tc).....	37
4.6 Intensitas Hujan (I)	38
4.7 Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting	39
4.8 Penentuan Koefisien Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden .	39
4.9 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden	40
4.10 Perbandingan Debit Puncak dan Persentase Reduksi Limpasan...	41
4.11 Pembahasan	41
BAB V KESIMPULAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR KEPUSTAKAAN	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur dan Mekanisme Kerja <i>Rain Garden</i>	14
Gambar 3.5 Detail Rain Garden.....	26



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai K_T pada variable reduksi Gauss	7
Tabel 2.2 Nilai Reduce Mean (Y_n) Metode Gumbel	8
Tabel 2.3 Nilai Koefisien Limpasan (C) Berdasarkan Penggunaan Lahan	11
Tabel 2.4 Nilai Koefisien Limpasan Rain Garden	11
Tabel 2.5 Perbandingan Parameter Hidrologi Sebelum dan Sesudah Penerapan <i>Rain Garden</i>	17
Tabel 2.6 Rangkuman Peneliti Sebelumnya	18
Tabel 4.1 Perhitungan Statistik Curah Hujan – Distribusi Normal.....	31
Tabel 4.2 Curah Hujan Rencana Distribusi Normal	32
Tabel 4.3 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal	33
Tabel 4.4 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III	34
Tabel 4.5 Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel.....	34
Tabel 4.6 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana (R24) Seluruh Distribusi.....	35
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov.....	36
Tabel 4.8 Luas Daerah Tangkapan.....	36
Tabel 4.9 Koefisien Limpasan Kondisi Eksisting.....	37
Tabel 4.10 Hasil Kemiringan dan Waktu Konsentrasi.....	38
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan.....	38
Tabel 4.12 Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting.....	39
Tabel 4.13 Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden	40
Tabel 4.14 Perbandingan Debit Puncak Limpasan dan Persentase Reduksi Setelah Penerapan <i>Rain Garden</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Gambar A.3.1 Bagan Alir	46
Gambar A.3.2 Peta Provinsi Aceh	47
Gambar A.3.3 Peta Administrasi Kabupaten Aceh Besar.....	48
Gambar A.3.4 Foto Lokasi penelitian	49
Gambar A.3.5 Foto Proses penanda dan penggalian Rain Garden	50
Gambar A.3.6 Foto Proses pembuatan Cekungan Rain Garden	50
Gambar A.3.7 Foto Proses Penggalian Rain Garden	51
Gambar A.3.8 Foto setelah penggalian Rain Garden.....	51
Gambar A.3.9 Foto Pembuatan saluran inlet ke Rain Garden	52
Gambar A.3.10 Foto Proses pengisian pasir ke Rain Garden	52
Gambar A.3.11 Foto Proses pengisian tanah dan kompos ke Rain Garden.....	53
Gambar A.3.12 Foto Proses pemasangan plastik dan kerikil di inlet	53
Gambar A.3.13 Foto Proses penanaman vegetasi.....	54
Gambar A.3.14 Foto Proses penanaman vegetasi.....	54
Gambar A.3.15 Foto Rain Garden Ketika Hujan.....	55
Gambar A.3.16 Foto Rain Garden Ketika Hujan.....	55
Gambar A.3.17 Foto Rain Garden Setelah Hujan.....	56
Gambar A.3.18 Foto Skema rain garden.....	56
Gambar A.2.1 Nilai k untuk Distribusi <i>Log Pearson III</i>	57
Gambar A.2.2 Nilai reduksi variat (Y_t)	58
Gambar A.2.3 Reduced Standard Deviation (S)	59

BAB I PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan yang semakin pesat telah mengakibatkan perubahan tata guna lahan, di mana area terbuka dan ruang hijau banyak beralih fungsi menjadi kawasan terbangun seperti permukiman, jalan, serta area parkir. Perubahan tersebut menyebabkan luas permukaan kedap air semakin bertambah sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air hujan menjadi berkurang. Akibatnya, sebagian besar air hujan mengalir sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*), yang berpotensi menimbulkan genangan bahkan banjir, terutama pada kawasan permukiman yang memiliki kapasitas drainase terbatas.

Hingga saat ini, pengendalian limpasan permukaan di banyak kawasan permukiman masih mengandalkan sistem drainase konvensional yang berfungsi mengalirkan air hujan secepat mungkin menuju saluran atau badan air penerima. Cara ini memang dapat mengurangi genangan di suatu lokasi, namun tidak menyelesaikan permasalahan karena hanya memindahkan limpasan ke daerah hilir. Oleh sebab itu, diperlukan alternatif pengelolaan air hujan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya melalui penerapan infrastruktur hijau (*green infrastructure*) yang mampu menahan serta meningkatkan infiltrasi air hujan langsung di lokasi terjadinya hujan.

Salah satu bentuk infrastruktur hijau yang dapat diterapkan di kawasan permukiman adalah *rain garden*. *Rain garden* merupakan taman resapan yang dirancang untuk menampung sementara air hujan, memperlambat alirannya, kemudian meresapkannya ke dalam tanah. Sistem ini memanfaatkan lapisan media tanam yang terdiri atas tanah, pasir, dan geotekstil sehingga air hujan dapat tersaring dan meresap secara bertahap. Dengan mekanisme tersebut, *rain garden* diharapkan mampu mengurangi volume limpasan permukaan sekaligus menurunkan debit puncak yang masuk ke jaringan drainase.

Komplek Perumahan Kompi Markas Rindam Iskandar Muda yang berlokasi di Gampong Japakeh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar merupakan salah satu kawasan permukiman yang didominasi oleh permukaan kedap air berupa

atap bangunan dan taman. Kondisi tersebut menyebabkan air hujan yang jatuh di kawasan ini sebagian besar langsung menjadi limpasan tanpa sempat meresap ke dalam tanah. Di sisi lain, penerapan *rain garden* sebagai salah satu upaya pengendalian limpasan permukaan di kawasan permukiman Kabupaten Aceh Besar masih relatif terbatas dan belum banyak diteliti, khususnya dengan menggunakan Metode Rasional sebagai pendekatan analisis hidrologi. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penerapan *rain garden* terhadap pengurangan limpasan permukaan di Komplek Perumahan Kompi Markas Rindam Iskandar Muda.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk mengetahui besarnya limpasan permukaan dan debit puncak pada kondisi eksisting sebelum penerapan *rain garden*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan debit puncak setelah diterapkannya *rain garden* dengan menggunakan Metode Rasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *rain garden* terhadap pengurangan limpasan permukaan di Komplek Perumahan Kompi Markas Rindam Iskandar Muda. Secara khusus, penelitian ini dilakukan untuk menghitung debit puncak pada kondisi eksisting, menentukan nilai koefisien limpasan sebelum dan sesudah penerapan *rain garden*, serta mengevaluasi besarnya penurunan debit puncak yang terjadi sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas *rain garden* dalam mengurangi limpasan permukaan pada kawasan permukiman.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Data penelitian meliputi data curah hujan harian maksimum tahunan periode 2013–2022 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Aceh, serta data penggunaan lahan, jenis tanah, dan luas daerah tangkapan yang diperoleh melalui survei lapangan. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi curah hujan menggunakan Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Selanjutnya dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov untuk menentukan distribusi yang paling sesuai. Setelah itu dihitung intensitas hujan menggunakan Persamaan Mononobe, waktu konsentrasi menggunakan Persamaan Kirpich, serta nilai koefisien limpasan pada

kondisi sebelum dan sesudah penerapan *rain garden*. Tahap akhir penelitian adalah menghitung debit puncak menggunakan Metode Rasional dan membandingkan hasil kedua kondisi tersebut untuk mengetahui besarnya reduksi limpasan yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *rain garden* menyebabkan nilai koefisien limpasan gabungan menurun dari 0,7136 menjadi 0,7127. Penurunan tersebut menghasilkan reduksi debit puncak sebesar 0,13% pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Debit puncak pada kondisi eksisting masing-masing sebesar 0,001006 m³/detik, 0,001428 m³/detik, dan 0,001704 m³/detik. Meskipun reduksi yang diperoleh relatif kecil, hasil tersebut menunjukkan bahwa *rain garden* tetap memberikan pengaruh dalam mengurangi limpasan permukaan. Hal ini dipengaruhi oleh luas *rain garden* yang hanya mencakup sebagian kecil dari total daerah tangkapan seluas 110 m².

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis. Dari sisi teoritis, hasil penelitian ini dapat menambah referensi mengenai penerapan *rain garden* sebagai salah satu bentuk infrastruktur hijau dalam pengendalian limpasan permukaan menggunakan Metode Rasional. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pengelola kawasan permukiman dalam menerapkan *rain garden* sebagai alternatif pengelolaan air hujan yang lebih berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas topik serupa.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menyajikan teori-teori yang mendukung permasalahan dalam penelitian. Teori-teori tersebut berkenaan dengan penelitian ini dan dapat dijadikan sebagai rujukan, yaitu pendapat para ahli, dan penelitian-penelitian terdahulu.

2.1 Limpasan Permukaan (*Surface Runoff*)

Limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi yang berpengaruh terhadap besarnya debit aliran pada suatu daerah tangkapan. Limpasan terjadi ketika air hujan yang jatuh ke permukaan tanah tidak seluruhnya dapat meresap ke dalam tanah sehingga mengalir menuju saluran drainase, sungai, atau badan air lainnya.

2.1.1 Definisi Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan aliran air yang bergerak di atas permukaan tanah sebagai akibat dari curah hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi tanah. Ketika hujan turun dengan intensitas lebih besar dari kemampuan tanah dalam menyerap air, kelebihan air tersebut akan mengalir secara lateral di atas permukaan menuju saluran drainase, sungai, atau badan air lainnya (Chow dkk., 1988; Guo, 2020).

Limpasan permukaan merupakan komponen penting dalam siklus hidrologi yang secara langsung mempengaruhi debit puncak sungai dan sistem drainase perkotaan. Semakin besar volume limpasan yang terbentuk, maka semakin tinggi pula risiko terjadinya banjir dan genangan di kawasan yang bersangkutan (Chow dkk., 1988; Subramanya, 2008).

Menurut Suripin (2004) dan diperkuat oleh Fletcher dkk. (2015), limpasan permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain intensitas dan durasi hujan, karakteristik daerah tangkapan air (*catchment area*), jenis dan kondisi tanah, serta tutupan lahan. Perubahan pada salah satu faktor ini akan berdampak langsung terhadap besarnya volume dan debit puncak limpasan yang dihasilkan.

2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan

Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Pemahaman terhadap faktor-faktor ini sangat penting dalam analisis hidrologi dan perencanaan sistem drainase. Berikut adalah faktor-faktor utama yang mempengaruhi limpasan permukaan:

1. **Intensitas dan Durasi Hujan:** Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar pula limpasan yang dihasilkan karena tanah tidak mampu menyerap air dengan cepat. Durasi hujan yang panjang juga menyebabkan kondisi tanah jenuh sehingga kapasitas infiltrasi menurun.
2. **Karakteristik Daerah Tangkapan (*Catchment Area*):** Luas, bentuk, kemiringan, dan elevasi daerah tangkapan mempengaruhi kecepatan dan volume aliran permukaan. Daerah tangkapan yang lebih luas dan berlereng curam umumnya menghasilkan limpasan yang lebih besar dan cepat.
3. **Jenis dan Kondisi Tanah:** Tanah dengan tekstur berpasir dan struktur yang baik memiliki laju infiltrasi tinggi sehingga menghasilkan limpasan lebih kecil. Sebaliknya, tanah liat dengan permeabilitas rendah cenderung menghasilkan limpasan yang besar.
4. **Penggunaan dan Tutupan Lahan:** Permukaan yang tertutup oleh bangunan, jalan beton, atau aspal bersifat kedap air (*impervious*) sehingga hampir semua air hujan menjadi limpasan. Sebaliknya, lahan bervegetasi atau berhutan memiliki kemampuan intersepsi dan infiltrasi yang tinggi.
5. **Kemiringan Lereng (*Slope*):** Lereng yang curam mempercepat aliran permukaan dan mengurangi waktu konsentrasi, sehingga limpasan puncak terjadi lebih cepat dengan debit yang lebih besar.

2.1.3 Dampak Limpasan Permukaan di Kawasan Perkotaan

Urbanisasi yang pesat menyebabkan perubahan besar dalam karakteristik hidrologi suatu kawasan. Konversi lahan terbuka menjadi kawasan terbangun meningkatkan luasan permukaan kedap air secara signifikan. Hal ini berdampak langsung pada meningkatnya volume dan debit puncak limpasan permukaan (*Burns dkk., 2012; Zhou, 2014*).

Di kawasan perkotaan, dampak limpasan permukaan yang berlebihan meliputi:

1. terjadinya banjir dan genangan yang mengganggu aktivitas masyarakat,
2. kerusakan infrastruktur akibat beban hidraulis yang melampaui kapasitas drainase,
3. erosi dan sedimentasi pada saluran drainase dan badan air, serta
4. penurunan kualitas air akibat aliran permukaan membawa polutan dari jalan dan kawasan terbangun.

Kondisi ini semakin diperparah oleh perubahan iklim yang menyebabkan peningkatan frekuensi dan intensitas hujan ekstrem Zhou, (2014). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan limpasan yang komprehensif dan berkelanjutan, salah satunya melalui penerapan infrastruktur hijau seperti rain garden Prince George's County, (1999).

2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan merupakan analisis statistik yang dilakukan terhadap data curah hujan maksimum pada periode pengamatan tertentu untuk memperoleh probabilitas besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada masa mendatang. Analisis ini digunakan untuk menentukan curah hujan rencana berdasarkan kala ulang tertentu dengan menggunakan distribusi probabilitas, seperti Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi, termasuk perhitungan intensitas hujan dan debit limpasan.

1. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut pula distribusi Gaus. Secara Sederhana, persamaan distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut

$$X_T = \bar{x} + K_T \times S \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

$\bar{x}$ = nilai rata – rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang

Tabel 2.1 Nilai K_T pada variable reduksi Gauss

No	Periode Ulang (T)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

Sumber : Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung

2. Distribusi log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Persamaan distribusi log normal dapat ditulis dengan :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

$\bar{Y}$ = nilai rata – rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang

3. Distribusi Gumbel

Bentuk dari persamaan distribusi Gumbel dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_{Tr} = \bar{x} + K . S \dots\dots\dots (2.3)$$

Besar faktor frekuensi dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

X_T = besarnya curah hujan periode tahun berulang T_r tahun (mm)

T_r = periode tahun berulang (return periode) (tahun)

$\bar{x}$ = curah hujan maksimum rata – rata selama tahun pengamatan (mm)

S = standard deviasi

K = faktor frekuensi

T_{Tr} = nilai reduksi variat

Y_n = nilai rata – rata dari reduksi variat tergantung dari jumlah data

S_n = standar deviasi dari reduksi variat tergantung dari jumlah data

Tabel 2.2 Nilai Reduce Mean (Y_n) Metode Gumbel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5175	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,5396	0,5403	0,541	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5548	0,5524	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5558	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5569	0,555	0,5552	0,555	0,5557	0,5539	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5558	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

Sumber : Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta

4. Distribusi log Person III

Persamaan distribusi Log Pearson III hampir sama dengan persamaan distribusi Log Normal, yaitu sama – sama mengkonversi ke dalam bentuk logaritma. Perbedaannya terletak pada parameter yang digunakan dalam perhitungannya.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Y_T = besarnya curah hujan periode tahun berulang T_r tahun (mm)

$\bar{Y}$ = nilai rata – rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang

2.3 Metode *Rasional*

Sub-bab ini membahas Metode *Rasional* sebagai pendekatan analitis yang digunakan untuk menghitung debit puncak limpasan permukaan pada suatu daerah tangkapan. Uraian meliputi konsep dasar, persamaan matematis, parameter-parameter yang diperlukan, serta asumsi dan keterbatasan metode ini dalam penerapannya pada perencanaan drainase perkotaan.

2.3.1 Konsep Dasar Metode *Rasional*

Metode *Rasional* merupakan salah satu metode sederhana yang banyak digunakan dalam hidrologi teknik untuk menghitung debit puncak limpasan permukaan. Metode ini diperkenalkan oleh Mulvaney pada tahun 1851 dan dikembangkan lebih lanjut oleh Kuichling pada tahun 1889. Metode *Rasional* banyak digunakan dalam perencanaan drainase kawasan perkotaan Asdak, (2023). Prinsip dasarnya, debit puncak limpasan dipengaruhi oleh koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A). Metode ini mengasumsikan hujan terjadi secara merata di seluruh daerah tangkapan dengan intensitas konstan selama periode yang sama dengan atau lebih besar dari waktu konsentrasi (t_c), sehingga debit puncak dapat diperkirakan secara tepat dan sederhana.

2.3.2 Persamaan Metode *Rasional*

Persamaan dasar Metode *Rasional* dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

Q = Debit puncak limpasan permukaan ($m^3/detik$)

C = Koefisien limpasan (dimensionless, $0 < C \leq 1$)

I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km²)

0,278 = Faktor konversi satuan

Nilai 0,278 merupakan faktor konversi yang digunakan ketika intensitas hujan dinyatakan dalam mm/jam dan luas daerah tangkapan dalam km², sehingga hasil debit puncak (Q) dinyatakan dalam m³/detik. Apabila menggunakan satuan Imperial, faktor konversi tersebut tidak diperlukan ($Q = C_i A$, dengan A dalam acre dan i dalam inch/jam menghasilkan Q dalam ft³/detik).

2.3.3 Parameter Metode *Rasional*

Perhitungan debit puncak menggunakan Metode *Rasional* dipengaruhi oleh beberapa parameter utama yang saling berkaitan. Parameter tersebut meliputi koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A). Ketiga parameter ini menjadi dasar dalam menentukan besarnya debit puncak limpasan yang terjadi pada suatu kawasan. Nilai setiap parameter ditentukan berdasarkan kondisi dan karakteristik daerah tangkapan yang ditinjau. Dalam penelitian ini, perubahan nilai koefisien limpasan digunakan untuk melihat pengaruh penerapan *rain garden* terhadap debit puncak limpasan.

1. Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan (C) merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara volume limpasan permukaan dan total volume curah hujan pada suatu area. Nilai C berkisar antara 0 hingga 1 (Suripin, 2004) dan dipengaruhi oleh penggunaan lahan, kondisi permukaan, kemiringan lereng, serta jenis tanah.

Pada daerah tangkapan dengan beberapa jenis penggunaan lahan, digunakan koefisien limpasan gabungan ($C_{gabungan}$) berdasarkan perbandingan luas setiap penggunaan lahan terhadap luas total daerah tangkapan. Koefisien limpasan gabungan dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_{gabungan} = \frac{\sum (C_i A_i)}{\sum A_i} \dots \dots \dots (2.7)$$

Tabel 2.3 berikut menyajikan nilai koefisien limpasan untuk berbagai jenis penggunaan lahan yang umum digunakan dalam analisis hidrologi:

Tabel 2.3 Nilai Koefisien Limpasan (C) Berdasarkan Penggunaan Lahan

Jenis Permukaan / Penggunaan Lahan	Nilai C	Keterangan
Atap genteng / seng	0,70 – 0,95	Permukaan kedap air, limpasan tinggi
Jalan beton / aspal	0,70 – 0,95	Permukaan impervious, hampir tidak ada infiltrasi
Jalan batu/kerikil	0,40 – 0,70	Permeabilitas rendah hingga sedang
Taman / halaman rumput	0,10 – 0,35	Vegetasi membantu penyerapan air
Kawasan permukiman padat	0,50 – 0,70	Dominasi permukaan terbangun
Kawasan permukiman sedang	0,35 – 0,50	Campuran lahan terbangun dan terbuka
Lahan pertanian	0,20 – 0,40	Tanah dengan vegetasi, infiltrasi cukup baik
Hutan / lahan terbuka	0,10 – 0,25	Infiltrasi tinggi, limpasan rendah

Sumber: Suripin (2004); ASCE (2017)

Nilai koefisien limpasan pada Tabel 2.3 digunakan untuk kondisi sebelum penerapan *rain garden*. Setelah penerapan *rain garden*, sebagian area taman dialihkan menjadi *rain garden*. Oleh karena itu, diperlukan nilai koefisien limpasan khusus untuk *rain garden* sebagai dasar perhitungan koefisien limpasan gabungan pada kondisi setelah penerapan *rain garden*. Nilai tersebut ditentukan berdasarkan kondisi aktual *rain garden* dan hasil pengujian yang dilakukan di lapangan.

Tabel 2.4 Nilai Koefisien Limpasan Rain Garden

Jenis Infrastruktur Hijau	Nilai C	Keterangan
Rain garden, parit bervegetasi, dan praktik infrastruktur hijau permukaan lainnya	0,20	Infrastruktur hijau yang mendukung infiltrasi dan pengurangan limpasan permukaan

Sumber: New York City Plumbing Code (2023).

2. Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan merupakan jumlah curah hujan yang jatuh per satuan waktu (mm/jam). Dalam Metode *Rasional*, intensitas hujan yang digunakan adalah intensitas hujan rencana dengan periode ulang tertentu, yang disesuaikan dengan durasi hujan berdasarkan waktu konsentrasi (*time of concentration*) daerah tangkapan. Intensitas hujan dihitung dari data curah hujan harian maksimum menggunakan rumus Mononobe *Sosrodarsono dan Takeda*, (2003):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- R₂₄ = Curah hujan harian maksimum periode ulang tertentu (mm)
- t_c = Waktu konsentrasi (jam).

3. Luas Daerah Tangkapan (A)

Luas daerah tangkapan (A) adalah luas wilayah yang berkontribusi mengalirkan air hujan menuju suatu titik pengukuran tertentu. Penentuan luas daerah tangkapan dilakukan melalui delineasi batas daerah aliran berdasarkan data topografi, baik menggunakan peta kontur manual maupun dengan bantuan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

4. Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi (tc) adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh pada suatu daerah tangkapan menuju titik pengeluaran (outlet). Untuk daerah tangkapan berskala kecil, waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan rumus Kirpich sebagai berikut Kirpich, (1940):

$$t_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- t_c = waktu konsentrasi (menit)

L	= panjang lintasan aliran air (m)
S	= kemiringan rata-rata lintasan aliran (m/m)
0,0195	= konstanta rumus Kirpich

Nilai waktu konsentrasi (t_c) yang diperoleh dari Persamaan (2.9) dinyatakan dalam satuan menit, sehingga perlu dikonversi ke dalam satuan jam sebelum digunakan pada perhitungan intensitas hujan dengan rumus Mononobe pada Persamaan (2.9).

2.3.4 Asumsi dan Keterbatasan Metode *Rasional*

Metode *Rasional* memiliki beberapa asumsi dasar yang perlu dipahami dalam penerapannya, yaitu:

1. Hujan terjadi secara merata di seluruh daerah tangkapan dengan intensitas yang konstan.
2. Periode hujan yang digunakan sama dengan atau lebih besar dari waktu konsentrasi (t_c).
3. Debit puncak terjadi ketika seluruh daerah tangkapan berkontribusi secara bersamaan.
4. Koefisien limpasan (C) dianggap konstan untuk seluruh daerah tangkapan.

Meskipun sederhana, Metode *Rasional* memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, terutama untuk daerah tangkapan yang luas (> 300 hektar), kondisi hujan yang tidak merata, dan variasi koefisien limpasan yang kompleks. Namun, untuk skala kawasan permukiman hingga sub-DAS kecil, metode ini masih memberikan hasil yang cukup memadai untuk keperluan perencanaan drainase Asdak, (2023).

2.4 *Rain Garden*

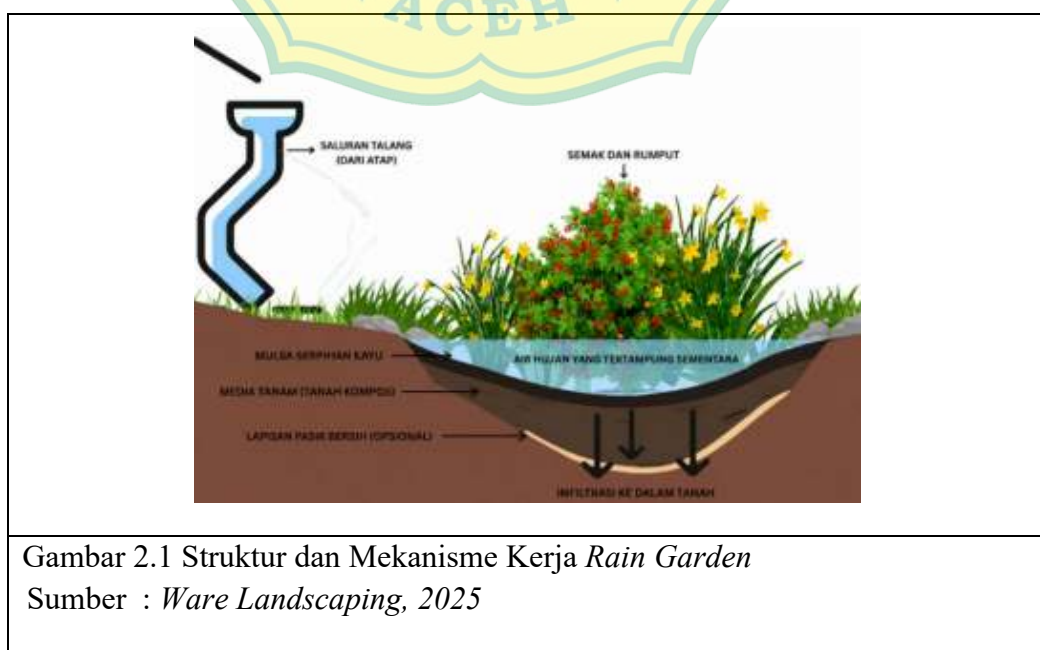
Sub-bab ini menguraikan konsep *rain garden* sebagai salah satu bentuk infrastruktur hijau yang diterapkan dalam pengelolaan limpasan permukaan. Pembahasan mencakup definisi dan konsep dasar, komponen dan struktur, mekanisme kerja dalam mengurangi limpasan, serta berbagai manfaat yang diperoleh dari penerapan *rain garden* di kawasan perkotaan.

2.4.1 Definisi dan Konsep Rain Garden

Rain garden atau taman hujan merupakan cekungan yang ditanami vegetasi dan dirancang untuk menampung, menyaring, serta meresapkan air hujan dari permukaan ke dalam tanah. *Rain garden* merupakan salah satu penerapan *Low Impact Development* (LID) atau *Best Management Practice* (BMP) dalam pengelolaan air hujan berbasis alam (*Prince George's County, 1999; Hunt dkk., 2012; Lim dan Lu, 2016*). Konsepnya memanfaatkan proses *infiltrasi*, *evapotranspirasi*, dan penyerapan oleh akar tanaman untuk mengurangi limpasan permukaan. Dengan demikian, *rain garden* berfungsi sebagai infrastruktur hijau yang membantu mengembalikan fungsi hidrologi alami kawasan perkotaan.

2.4.2 Komponen dan Struktur Rain Garden

Rain garden merupakan sistem bioretensi yang terdiri atas beberapa komponen utama: zona genangan, lapisan mulsa, media tanam, lapisan pasir, lapisan drainase, dan vegetasi. Komponen-komponen ini bekerja secara terpadu dalam mengurangi volume serta debit puncak limpasan permukaan. Menurut Li C. dkk. (2019) dan Guo (2020), zona genangan berfungsi menampung air hujan sementara, sedangkan media tanam dan vegetasi membantu proses infiltrasi, filtrasi, serta evapotranspirasi.



Gambar 2.1 Struktur dan Mekanisme Kerja *Rain Garden*
Sumber : *Ware Landscaping, 2025*

2.4.3 Mekanisme Kerja *Rain Garden* dalam Mengurangi Limpasan

Rain garden bekerja melalui beberapa mekanisme hidrologi utama:

1. Infiltrasi: Proses utama di mana air meresap dari zona genangan melalui lapisan media tanam hingga ke lapisan tanah asli, secara langsung mengurangi volume limpasan.
2. Evapotranspirasi: Penguapan air melalui permukaan tanah dan transpirasi melalui tanaman yang mengembalikan air ke atmosfer.
3. Penyimpanan Sementara: *Rain garden* menampung air hujan secara sementara sehingga menunda waktu puncak limpasan dan mengurangi debit puncak.
4. Filtrasi: Media tanam berfungsi sebagai filter alami yang menyaring polutan dari air limpasan (Davis dkk., 2009; Hunt dkk., 2012).

2.4.4 Manfaat *Rain Garden*

Penerapan *rain garden* memberikan berbagai manfaat dalam pengelolaan air hujan dan lingkungan perkotaan. Dari aspek hidrologi, *rain garden* mampu mengurangi volume limpasan permukaan yang terjadi setelah hujan, sehingga dapat menurunkan debit puncak aliran dan mengurangi potensi terjadinya genangan maupun banjir. Selain itu, kemampuan *rain garden* dalam menahan dan meresapkan air ke dalam tanah dapat memperpanjang waktu konsentrasi aliran serta membantu meningkatkan pengisian kembali cadangan air tanah (*groundwater recharge*).

Dari aspek lingkungan, *rain garden* berperan dalam meningkatkan kualitas air hujan yang mengalir dari permukaan. Lapisan media tanam dan vegetasi yang terdapat di dalam *rain garden* mampu menyaring sedimen, nutrien berlebih, serta berbagai polutan lainnya sebelum air meresap ke dalam tanah atau masuk ke badan air. Keberadaan vegetasi juga dapat menciptakan habitat bagi berbagai organisme lokal serta membantu mengurangi efek pulau panas perkotaan (*urban heat island*) melalui peningkatan tutupan hijau (Burns dkk., 2012; Zhou, 2014).

Selain manfaat hidrologi dan lingkungan, *rain garden* juga memberikan manfaat sosial dan estetika. Keberadaan *rain garden* dapat memperindah lanskap

kawasan permukiman maupun perkotaan karena memadukan fungsi drainase dengan elemen vegetasi yang menarik. *Rain garden* juga dapat berfungsi sebagai ruang terbuka hijau skala kecil yang relatif mudah dalam pemeliharaannya. Di samping itu, penerapan *rain garden* dapat meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan air hujan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (*Prince George's County*, 1999; Hunt dkk., 2012).

2.5 Hubungan *Rain Garden* dengan Metode *Rasional*

Sub-bab ini menjelaskan keterkaitan antara penerapan *rain garden* dengan perhitungan debit puncak menggunakan Metode *Rasional*. Uraian difokuskan pada bagaimana *rain garden* mempengaruhi nilai koefisien limpasan (C) dan dampak perubahan tersebut terhadap besarnya debit puncak limpasan permukaan secara keseluruhan.

2.5.1 Pengaruh *Rain Garden* terhadap Koefisien Limpasan

Penerapan *rain garden* akan menurunkan nilai koefisien limpasan kawasan karena sebagian area kedap air digantikan oleh area yang memiliki kemampuan infiltrasi lebih tinggi. Perhitungan koefisien limpasan setelah penerapan *rain garden* dilakukan menggunakan konsep koefisien limpasan gabungan sebagaimana pada Persamaan (2.7), dengan mempertimbangkan luas area eksisting dan luas area *rain garden* beserta nilai koefisien limpasan masing-masing.

Dengan adanya penambahan area *rain garden*, nilai koefisien limpasan gabungan kawasan akan menjadi lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting, sehingga debit puncak limpasan yang dihitung menggunakan Metode *Rasional* juga akan mengalami penurunan. Besarnya penurunan debit tersebut bergantung pada luas area *rain garden* dan perubahan nilai koefisien limpasan pada area yang diterapkan.

2.5.2 Pengaruh Penurunan Koefisien Limpasan terhadap Debit Puncak

Berdasarkan Persamaan Metode *Rasional*, debit puncak limpasan dipengaruhi secara langsung oleh nilai koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I),

dan luas daerah tangkapan (A). Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa intensitas hujan dan luas daerah tangkapan tetap, sehingga perubahan debit puncak yang terjadi terutama disebabkan oleh perubahan nilai koefisien limpasan akibat penerapan *rain garden*.

Penerapan *rain garden* meningkatkan kemampuan infiltrasi air hujan ke dalam tanah sehingga mengurangi volume aliran permukaan. Kondisi tersebut menyebabkan nilai koefisien limpasan kawasan menjadi lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting. Penurunan nilai koefisien limpasan selanjutnya akan mengakibatkan penurunan debit puncak limpasan yang dihitung menggunakan Metode *Rasional*.

Untuk mengetahui tingkat efektivitas *rain garden* dalam mengurangi debit puncak limpasan, dilakukan perhitungan persentase penurunan debit menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta Q (\%) = \frac{Q_{Sebelum} - Q_{Sesudah}}{Q_{Sebelum}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan *rain garden* berdasarkan parameter Metode *Rasional* disajikan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.5 Perbandingan Parameter Hidrologi Sebelum dan Sesudah Penerapan *Rain Garden*

Parameter	Sebelum <i>Rain Garden</i>	Sesudah <i>Rain Garden</i>	Keterangan
Koefisien Limpasan (C)	0,50–0,70	0,10–0,30	Tergantung jenis tutupan lahan
Debit Puncak (Q)	Tinggi	Berkurang signifikan	Berbanding lurus dengan C
Volume Limpasan	Besar	Berkurang	Sebanding dengan penurunan Q
Tingkat Infiltrasi	Rendah	Meningkat	<i>Rain garden</i> meningkatkan resapan
Risiko Banjir/Genangan	Tinggi	Berkurang	Dampak langsung dari pengurangan Q

Sumber: Davis et al. (2009); Li C. et al. (2019); Lim dan Lu (2016)

2.6 Kondisi Hidrologi dan Permasalahan Drainase di Aceh

Provinsi Aceh memiliki karakteristik iklim tropis dengan curah hujan tahunan berkisar antara 1.500 mm hingga lebih dari 3.500 mm per tahun. Pertumbuhan kawasan perkotaan di Aceh Besar telah mengakibatkan meningkatnya luas permukaan kedap air, menyebabkan berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah sehingga memperbesar potensi limpasan permukaan saat hujan.

Sistem drainase di kawasan permukiman Aceh pada umumnya masih didominasi oleh sistem konvensional yang mengalirkan air hujan secepat mungkin menuju saluran pembuangan. Pada hujan dengan intensitas tinggi, kapasitas saluran sering tidak mampu menampung volume limpasan sehingga menimbulkan genangan. Penerapan *rain garden* merupakan alternatif pengelolaan air hujan yang berkelanjutan untuk meningkatkan infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan Asdak, (2023).

2.7 Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji efektivitas *rain garden* dan penggunaan Metode *Rasional* dalam analisis limpasan permukaan. Kajian terhadap penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui perkembangan penelitian yang telah dilakukan, serta mengidentifikasi perbedaan dan kontribusi penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa penelitian yang relevan disajikan sebagai berikut:

Tabel 2.6 Rangkuman Peneliti Sebelumnya (1/3)

No	Nama/Tahun/Judul	Metode	Hasil
1	Strauch, Rus, & Holm (2016). Pemantauan Neraca Air pada Dua Taman Bioretensi di Omaha, Nebraska, Amerika Serikat	Pemantauan lapangan neraca air (curah hujan, debit masuk, dan debit keluar) pada dua taman bioretensi di kawasan permukiman selama periode 2011–2014.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa taman bioretensi mampu mengurangi volume limpasan sebesar 33%–100% tergantung besar kejadian hujan, dengan kecenderungan reduksi menurun seiring meningkatnya curah

Tabel 2.6 Rangkuman Peneliti Sebelumnya (2/3)

No	Nama/Tahun/Judul	Metode	Hasil
1			hujan. Dari 255 kejadian hujan yang dipantau, hanya 39 kejadian mengalami limpasan berlebih (overflow); pada kejadian tersebut rata-rata reduksi debit puncak mencapai 63%, sedangkan kejadian lainnya menunjukkan reduksi debit puncak hingga 100%. Selain mengurangi limpasan, <i>rain garden</i> juga berperan dalam meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah dan mengurangi beban sistem drainase perkotaan.
2	Jufianto, Ikhsan, dan Barid (2018). Analisis Pengaruh Metode Taman Hujan dalam Menurunkan Debit dan Kekeruhan Air Limpasan Permukaan	Eksperimen model fisik skala laboratorium dengan tiga model infiltrasi (tanah kosong, taman hujan, dan taman hujan dengan lubang resapan) untuk membandingkan penurunan debit dan kekeruhan limpasan pada kondisi tanah jenuh dan tak jenuh air.	Model taman hujan dengan tambahan lubang resapan memberikan efisiensi penurunan debit limpasan tertinggi, yaitu 54,17% pada kondisi tanah tak jenuh air dan 53,81% pada kondisi tanah jenuh air, serta mampu menurunkan kekeruhan (kandungan suspensi) air limpasan hingga 0 mg/l.
3	Saputra dan Josephine (2022). Implementasi Rain Garden Infiltration untuk Mencapai Pembangunan Berkelanjutan dalam Pengelolaan Air Hujan	Analisis hidrologi dan permeabilitas tanah menggunakan data primer (kondisi tanah) dan data sekunder (curah hujan dan data teknis perumahan) untuk merancang <i>rain garden infiltration</i>	Penerapan <i>rain garden infiltration</i> dengan luas permukaan 1,50–3,00 m ² dan kedalaman 1,2 m mampu mengurangi limpasan permukaan sebesar 515,878 m ³ (31%), dari 1.651,52 m ³ menjadi 1.135,642 m ³ , sehingga terbukti cukup

Tabel 2.6 Rangkuman Peneliti Sebelumnya (3/3)

No	Nama/Tahun/Judul	Metode	Hasil
3		pada kawasan perumahan.	efektif mendukung pengelolaan air hujan yang berkelanjutan.
4	Sadewa, Hariati, Chayati, dan Salman (2019). Perencanaan Bioretensi di Kawasan Gelora Bung Karno, Jakarta	Analisis debit limpasan dengan Metode Rasional pada 12 zona kawasan, dibandingkan dengan kapasitas drainase eksisting menggunakan persamaan Manning untuk menentukan zona yang memerlukan bioretensi.	Debit limpasan hasil perhitungan Metode Rasional sebesar 32,63 m ³ /detik. Berdasarkan perbandingan antara debit limpasan dan kapasitas drainase eksisting, teridentifikasi enam zona (A, F, I, J, K, dan L) yang memerlukan penerapan bioretensi untuk menampung kelebihan limpasan tersebut.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah sistematis yang digunakan untuk melaksanakan penelitian agar tujuan penelitian dapat dicapai secara terarah dan ilmiah. Bab ini menguraikan pendekatan penelitian, lokasi penelitian, jenis dan sumber data, alur penelitian, serta teknik analisis data yang digunakan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis hidrologi karena bertujuan menghitung dan membandingkan debit puncak limpasan permukaan berdasarkan data numerik sehingga hasil yang diperoleh bersifat objektif dan terukur. Analisis dilakukan menggunakan Metode *Rasional* untuk menghitung debit puncak limpasan permukaan sebelum dan sesudah penerapan *rain garden*.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Komplek Perumahan Kompi Markas Rindam Iskandar Muda, Gampong Japakeh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar. Lokasi penelitian merupakan area taman di depan rumah pada kawasan permukiman dengan luas sekitar 25 m² (5 m × 5 m), yang dimanfaatkan sebagai lokasi penerapan *rain garden* berukuran 1 m × 2 m atau seluas 2 m². Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Google Earth Pro (2026), lokasi penelitian berada pada elevasi sekitar 8 mdpl. Kondisi tanah pada lokasi penelitian berupa tanah timbunan berwarna merah kecokelatan dengan tekstur relatif kasar serta mengandung campuran kerikil dan material batuan, yang secara visual memiliki karakteristik lempung berpasir.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini memerlukan sejumlah peralatan dan bahan yang mendukung proses pengumpulan data, analisis, dan pengolahan hasil. Peralatan yang digunakan terdiri dari instrumen teknis di lapangan maupun perangkat lunak komputer, sedangkan bahan penelitian berupa data dan dokumen pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber.

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Komputer/laptop dengan perangkat lunak pengolah data (Microsoft Excel, AutoCAD)
2. Google Earth Pro untuk menentukan lokasi penelitian, koordinat, luas area, dan elevasi lokasi.
3. Meteran dan alat ukur untuk pengukuran dimensi di lapangan
4. Kamera dokumentasi
5. Cangkul dan sekop untuk penggalian dan pembentukan cekungan *rain garden* sesuai dimensi yang telah direncanakan
6. Waterpass (selang ukur/waterpass gelembung) untuk memastikan kemiringan dasar galian *rain garden* sesuai rencana agar aliran air merata
7. Ember dan alat penyiram (*watering can*) untuk penyiraman vegetasi pada tahap penanaman awal *rain garden*

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data curah hujan harian dari BMKG
2. Peta administrasi dan peta tata guna lahan kawasan penelitian
3. Data jenis tanah kawasan penelitian
4. Media tanam (campuran tanah, kompos, dan pasir) sebagai lapisan utama *rain garden* untuk mendukung proses infiltrasi dan pertumbuhan vegetasi
5. Pasir kasar (*coarse sand*) sebagai lapisan drainase untuk mempercepat pergerakan air ke lapisan tanah di bawahnya
6. Kerikil (*gravel*) dan plastik yang dipasang pada saluran *inlet* drainase, yaitu saluran yang mengalirkan air dari talang rumah menuju *rain garden*. Kerikil berfungsi menyaring sedimen dan memperlambat aliran air, sedangkan plastik digunakan untuk membantu mengarahkan aliran air menuju *rain garden* agar tidak menyebar ke area sekitar.
7. Tanaman vegetasi lokal yang tahan panas dan genangan saat hujan deras, seperti rumput vetiver dan heliconia, yang berfungsi membantu menyerap

air dan memperkuat struktur tanah. Tanaman tersebut juga membantu mengurangi erosi pada permukaan *rain garden*.

3.3 Persiapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis hidrologi. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep limpasan permukaan, Metode *Rasional*, dan *rain garden*. Selanjutnya dilakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi kawasan penelitian serta pengumpulan data curah hujan, penggunaan lahan, topografi, dan jenis tanah dari instansi terkait.

Data yang diperoleh diolah untuk menentukan intensitas hujan, koefisien limpasan, dan luas daerah tangkapan yang digunakan dalam menghitung debit puncak limpasan kondisi eksisting menggunakan Metode *Rasional*. Selanjutnya, *rain garden* diterapkan secara langsung di lokasi penelitian melalui pembangunan fisik sesuai tahapan pada Sub-bab 3.3.1. Nilai koefisien limpasan setelah penerapan ditentukan berdasarkan hasil uji perkolasi lapangan pasca-konstruksi dan data tutupan lahan aktual, kemudian debit puncak dihitung kembali. Hasil perhitungan sebelum dan sesudah penerapan *rain garden* dibandingkan untuk mengetahui penurunan debit puncak limpasan permukaan.

3.3.1 Langkah-Langkah Pembuatan *Rain Garden*

1. Survei dan Perencanaan Lokasi
 - a. Identifikasi lokasi yang tepat untuk pembuatan *rain garden*, yaitu area yang menerima aliran air hujan dari permukaan kedap air (atap, jalan, parkir).
 - b. Lakukan pengukuran luas area yang tersedia menggunakan meteran. Ukuran *rain garden* idealnya 5–10% dari luas daerah tangkapan.
 - c. Periksa jenis tanah di lokasi dengan uji perkolasi sederhana: gali lubang berukuran 30 cm × 30 cm dengan kedalaman 30 cm, isi air, dan ukur laju penyerapan. Laju resapan minimal 1,5 cm/jam diperlukan untuk *rain garden* yang efektif.

- d. Pastikan jarak *rain garden* minimal 3 meter dari fondasi bangunan dan 1,5 meter dari pipa utilitas bawah tanah untuk menghindari dampak kerusakan.

2. Persiapan Material dan Peralatan

Material yang diperlukan:

- a. Media tanam: campuran pasir 50%, kompos 25%, dan tanah asli 25%
- b. Pasir kasar (*coarse sand*) untuk lapisan drainase
- c. Kerikil bersih (*gravel*) berukuran 1,5–3 cm (*split*) untuk saluran inlet
- d. Plastik pada saluran *inlet* untuk membantu mengarahkan aliran air menuju *rain garden*.
- e. Mulsa organik (jerami atau serpihan kayu)
- f. Tanaman vegetasi lokal tahan genangan

Peralatan yang diperlukan:

- a. Cangkul dan sekop untuk penggalian
- b. Waterpass untuk memastikan kemiringan dasar galian
- c. Meteran dan patok penanda

3. Penggalian dan Pembentukan Cekungan

- a. Tandai batas *rain garden* sesuai dimensi yang direncanakan.
- b. *Rain garden* digali hingga kedalaman total sekitar 30 cm yang terdiri atas zona genangan (*ponding zone*) sedalam 10 cm dan lapisan media tanam sedalam 20 cm. Dasar *rain garden* diratakan secara manual menggunakan cangkul dan sekop sehingga permukaan relatif rata untuk mendukung penyebaran aliran air di dalam *rain garden*.
- c. Selanjutnya dibuat saluran inlet yang menghubungkan aliran limpasan dari talang rumah menuju *rain garden*. Pada bagian inlet dipasang kerikil bersih berukuran 1,5–3 cm yang berfungsi menyaring sedimen serta memperlambat aliran air sebelum memasuki *rain garden*.

4. Pemasangan Lapisan-Lapisan Penyusun

- a. Lapisan Pasir (bagian dasar): hamparkan pasir kasar setebal sekitar 5 cm pada dasar galian sebagai lapisan drainase dan membantu meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah.

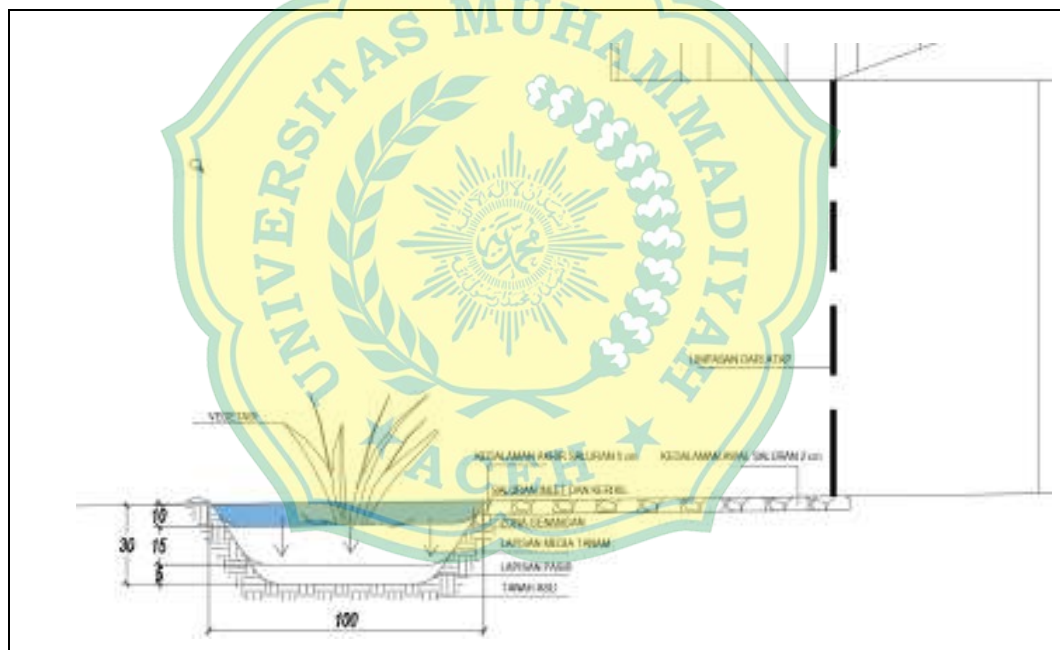
- b. Lapisan Media Tanam: di atas lapisan pasir, hamparkan media tanam berupa campuran tanah dan pasir setebal sekitar 15 cm. Setelah media tanam diratakan, sisakan cekungan sedalam 10 cm pada bagian permukaan sebagai zona genangan (*ponding zone*) untuk menampung air limpasan sementara sebelum meresap ke dalam tanah.
5. Penanaman Vegetasi
- a. Pilih tanaman yang tahan terhadap kondisi basah dan kering secara bergantian.
 - b. Buat lubang tanam sesuai ukuran akar tanaman pada lokasi yang telah direncanakan.
 - c. Tanam vegetasi dengan jarak tanam yang disesuaikan dengan ukuran tanaman.
 - d. Timbun kembali akar tanaman menggunakan media tanam dan padatkan secara ringan.
 - e. Siram tanaman segera setelah penanaman.
 - f. Susun tanaman pada area *rain garden* sesuai tata letak yang telah direncanakan.
6. Pemasangan Lapisan Mulsa
- a. Hamparkan mulsa organik (jerami, serpihan kayu, atau daun kering) setebal 5–10 cm di seluruh permukaan media tanam.
 - b. Buat lubang pada mulsa di sekitar batang tanaman agar tidak menutupi bagian pangkal batang.
 - c. Mulsa berfungsi menjaga kelembaban tanah, mengurangi erosi permukaan, dan menekan pertumbuhan gulma.
7. Pengujian Awal dan Penyelesaian
- a. Lakukan uji coba dengan mengalirkan air dari sumber inlet (seperti menyiram dari selang) untuk memastikan:
 - b. Air mengalir dari inlet ke dalam *rain garden* dengan baik
 - c. Air meresap ke dalam media tanam dalam waktu yang wajar (maksimal 24 jam setelah hujan)
 - d. Lakukan perbaikan jika ditemukan masalah: penyumbatan, kebocoran, atau erosi pada lapisan mulsa.

- e. Dokumentasikan seluruh proses pembuatan dan kondisi akhir *rain garden* melalui foto dan catatan teknis.

8. Pemeliharaan Rutin

Setelah *rain garden* selesai dibangun, pemeliharaan rutin diperlukan untuk memastikan fungsi optimal jangka panjang:

- a. Siram tanaman secara rutin setiap 2–3 hari atau sesuai kondisi cuaca hingga tanaman beradaptasi.
- b. Amati kondisi pertumbuhan tanaman dan ganti tanaman yang mati.
- c. Periksa kondisi inlet dan area genangan secara berkala.
- d. Dokumentasikan kondisi *rain garden* selama periode penelitian sebagai bahan evaluasi.



Gambar 3.1 Detail Rain Garden

Sumber: Hasil Penggambaran dengan AutoCAD

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan Data merupakan hal yang penting yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian. Sehingga data yang bersangkutan sangat penting dalam penelitian ini, data yang di butuhkan dalam penelitian ini adalah data Primer dan data sekunder. Adapun pengumpulan data pada penelitian ini meliputi:

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui kegiatan survei, observasi, pengukuran, dan dokumentasi lapangan. Data primer digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting kawasan penelitian yang menjadi dasar dalam analisis limpasan permukaan dan perencanaan *rain garden*. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data luas daerah tangkapan, diperoleh dari pengukuran lapangan untuk menentukan luas atap, taman, dan rain garden.
2. Data panjang lintasan aliran dan kemiringan lahan, diperoleh dari pengukuran lapangan untuk menghitung waktu konsentrasi (t_c).
3. Data penggunaan/tutupan lahan, diperoleh melalui observasi untuk menentukan nilai koefisien limpasan (C).
4. Data dimensi rain garden, meliputi panjang, lebar, dan kedalaman, diperoleh setelah pembangunan.
5. Data lokasi rain garden, ditentukan melalui survei berdasarkan arah aliran, topografi, dan ketersediaan lahan.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait maupun berbagai sumber referensi ilmiah sebagai pendukung analisis penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Aceh yang berlokasi di Jalan Banda Aceh–Medan Km 27,5, Kecamatan Indrapuri, Kabupaten Aceh Besar. Data curah hujan digunakan untuk melakukan analisis frekuensi hujan dan menentukan curah hujan rencana (R_{24}) pada berbagai periode ulang yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan intensitas hujan.
2. Literatur, buku referensi, jurnal ilmiah, standar perencanaan, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan limpasan permukaan, Metode *Rasional*, infiltrasi, dan *rain garden*. Referensi tersebut digunakan sebagai dasar teori

serta sebagai acuan dalam analisis dan pembahasan hasil penelitian.

3. Data lokasi penelitian berupa peta lokasi dan koordinat yang diperoleh melalui Google Earth Pro (2026). Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi letak lokasi penelitian, menyajikan peta lokasi penelitian, serta memberikan gambaran kondisi dan batas area penelitian sebagai pendukung pelaksanaan penelitian.

3.4.3 Periode Data

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian selama minimal 10 tahun terakhir (2013–2022) untuk mendapatkan parameter statistik yang representatif dalam analisis frekuensi hujan. Penggunaan data dengan periode yang cukup panjang bertujuan meningkatkan tingkat keandalan hasil analisis dalam menentukan curah hujan rencana sesuai dengan periode ulang yang dipilih.

3.5 Pengolahan Data

Analisis hidrologi dan pengolahan data merupakan tahapan penting dalam penelitian ini untuk mengolah data primer dan data sekunder menjadi informasi ilmiah yang dapat digunakan dalam analisis limpasan permukaan. Pengolahan data dilakukan menggunakan Metode *Rasional* (*Rational Method*) untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan *rain garden*. Tahapan pengolahan data meliputi pengumpulan data, analisis curah hujan, penentuan waktu konsentrasi, penentuan koefisien limpasan, dan perhitungan debit puncak limpasan.

3.5.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi dilakukan terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan untuk memperoleh curah hujan rencana (R24) pada periode ulang tertentu. Tahapan analisis meliputi:

1. Perhitungan parameter statistik (rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis),
2. Pemilihan distribusi frekuensi (Normal, Log Normal, Gumbel, atau Log Pearson Tipe III).

3. Uji kesesuaian distribusi menggunakan metode Chi-Square atau Smirnov-Kolmogorov.
4. Perhitungan curah hujan rencana (R24) untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

3.5.2 Penentuan Luas Daerah Tangkapan (A)

Luas daerah tangkapan (catchment area) ditentukan berdasarkan hasil pengukuran lapangan, meliputi luas atap rumah sebagai sumber limpasan yang dialirkan menuju rain garden. Nilai luas daerah tangkapan digunakan sebagai parameter dalam perhitungan debit puncak menggunakan Metode Rasional.

3.5.3 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan (C)

Nilai koefisien limpasan (C) ditentukan berdasarkan hasil identifikasi penggunaan lahan pada daerah tangkapan melalui survei lapangan dengan mengacu pada tabel nilai koefisien limpasan. Karena daerah tangkapan terdiri atas lebih dari satu jenis permukaan, seperti atap rumah dan area rain garden, maka dihitung koefisien limpasan gabungan (Cgabungan) sesuai Persamaan (2.7).

3.5.4 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi dihitung berdasarkan panjang lintasan aliran dan kemiringan lahan menggunakan Persamaan (2.9). Nilai waktu konsentrasi digunakan sebagai parameter dalam perhitungan intensitas hujan.

3.5.5 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan rencana dihitung berdasarkan curah hujan rencana (R24) dan waktu konsentrasi (tc) menggunakan rumus Mononobe sebagaimana pada Persamaan (2.8).

3.5.6 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting

Debit puncak limpasan kondisi eksisting dihitung menggunakan Metode Rasional berdasarkan nilai koefisien limpasan gabungan (Cgabungan),

intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A), sebagaimana pada Persamaan (2.6).

3.5.7 Penerapan Rain Garden

Rain garden dibangun pada lokasi penelitian berdasarkan hasil survei lapangan dengan luas sekitar 5–10% dari luas daerah tangkapan. Setelah pembangunan selesai dilakukan uji perkolasi untuk mengetahui kemampuan infiltrasi media rain garden sebagai dasar evaluasi perubahan kondisi hidrologi kawasan.

3.5.8 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Setelah rain garden diterapkan, nilai koefisien limpasan kawasan ditentukan kembali dengan mempertimbangkan perubahan penggunaan lahan akibat penerapan rain garden serta hasil uji perkolasi lapangan. Selanjutnya dihitung nilai koefisien limpasan gabungan ($C_{gabungan}$) setelah penerapan rain garden, sebagaimana pada Persamaan (2.7).

3.5.9 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Debit puncak limpasan setelah penerapan rain garden dihitung menggunakan Metode Rasional berdasarkan nilai koefisien limpasan gabungan ($C_{gabungan}$), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A), sebagaimana pada Persamaan (2.6)

3.5.10 Evaluasi Efektivitas Rain Garden

Efektivitas rain garden dievaluasi berdasarkan persentase penurunan debit limpasan permukaan dengan membandingkan debit puncak sebelum dan sesudah penerapan rain garden menggunakan Persamaan (2.10).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh penerapan *rain garden* terhadap penurunan limpasan permukaan pada Komplek Perumahan KOMPI Markas Rindam Iskandar Muda, Gampong Japakeh, Kecamatan Darul Imarah, Kabupaten Aceh Besar menggunakan Metode *Rasional*. Tahapan analisis meliputi pengumpulan data curah hujan, penggunaan lahan, jenis tanah, serta penentuan nilai koefisien limpasan (*C*) berdasarkan kondisi eksisting, dilanjutkan dengan skenario penerapan *rain garden* melalui penyesuaian nilai koefisien limpasan (*C*) berdasarkan referensi dan penelitian terdahulu.

4.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan dilakukan terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan (*R24*) selama 10 tahun periode 2013–2022 ($n = 10$) untuk memperoleh curah hujan rencana pada berbagai periode ulang. Data yang digunakan disajikan pada Lampiran B.

4.1.1 Distribusi Normal

Perhitungan Distribusi Normal diawali dengan menentukan parameter statistik dari data curah hujan maksimum tahunan periode 2013–2022. Nilai X_i pada tabel merupakan curah hujan maksimum pada masing-masing tahun. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata curah hujan ($\bar{X}$) untuk memperoleh nilai $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, dan $(X_i - \bar{X})^4$. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan parameter statistik berupa rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis.

Tabel 4.1 Perhitungan Statistik Curah Hujan – Distribusi Normal (1/2)

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2013	114	11.56	-39.304	133.6
2	2014	189	5.126.56	367.061.696	26.281.617.4

Tabel 4.1 Perhitungan Statistik Curah Hujan – Distribusi Normal (2/2)

No	Tahun	Xi (mm)	$(Xi-\bar{X})^2$	$(Xi-\bar{X})^3$	$(Xi-\bar{X})^4$
3	2015	110	54.76	-405.224	2.998.7
4	2016	146	817.96	23.393.656	669.058.6
5	2017	161	1.900.96	82.881.856	3.613.648.9
6	2018	68	2.440.36	-120.553.784	5.955.356.9
7	2019	74	1.883.56	-81.746.504	3.547.798.3
8	2020	78	1.552.36	-61.162.984	2.409.821.6
9	2021	117	0.16	-0.064	0.0
10	2022	117	0.16	-0.064	0.0

Sumber: Hasil perhitungan data curah hujan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.1, jumlah data yang digunakan adalah 10 tahun. Dari hasil pengolahan diperoleh nilai rata-rata curah hujan ($\bar{X}$) sebesar 117,40 mm, standar deviasi (S) sebesar 39,141 mm, koefisien variasi (Cv) sebesar 0,333, koefisien kemencengan (Cs) sebesar 0,485, dan koefisien kurtosis (Ck) sebesar 3,591. Nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana.

Curah hujan rencana Distribusi Normal dihitung menggunakan nilai rata-rata, standar deviasi, dan faktor frekuensi KT. Nilai KT diperoleh berdasarkan periode ulang yang digunakan, yaitu 2, 5, dan 10 tahun. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

Periode Ulang T (tahun)	KT	XT (mm)
2	0,00	117,40
5	0,84	150,27
10	1,28	167,50

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.2, curah hujan rencana Distribusi Normal meningkat seiring bertambahnya periode ulang. Nilai XT sebesar 117,40 mm, 150,27 mm, dan

167,50 mm masing-masing merupakan hasil perhitungan untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

4.1.2 Distribusi Log Normal

Pada Distribusi Log Normal, data curah hujan terlebih dahulu diubah ke bentuk logaritma (Log Xi). Transformasi ini dilakukan terhadap data curah hujan tahun 2013–2022. Dari hasil transformasi diperoleh nilai rata-rata logaritmik sebesar 20,476, standar deviasi logaritmik sebesar 0,147, koefisien variasi sebesar 0,001, dan koefisien kemencengan log sebesar $-0,077$. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung curah hujan rencana

Tabel 4.3 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

T (tahun)	KT	Log XT	$XT = 10^{\log X_T}(\text{mm})$
2	0,00	2,000	100,00
5	0,84	2,123	132,73
10	1,28	2,188	154,17

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Nilai Log XT pada tabel merupakan hasil perhitungan dalam bentuk logaritma. Karena curah hujan rencana harus dinyatakan dalam satuan mm, maka nilai Log XT dikembalikan menggunakan proses antilog. Oleh karena itu diperoleh XT sebesar 100,00 mm, 132,73 mm, dan 154,17 mm untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

4.1.3 Distribusi Log Pearson III

Perhitungan distribusi Log Pearson III menggunakan data logaritmik yang sama dengan distribusi Log Normal. Koefisien kemencengan data log ($C_s \log$) diperoleh sebesar $-0,077$, mendekati nol. Karena nilai $C_s \log$ mendekati nol, nilai faktor frekuensi KT distribusi Log Pearson III pada kondisi ini mendekati nilai KT distribusi Normal/Log Normal, sehingga pada perhitungan awal digunakan pendekatan nilai KT yang sama (0; 0,84; 1,28) untuk $T = 2, 5$, dan 10 tahun. Pendekatan ini sebaiknya diverifikasi kembali menggunakan tabel KT Log Pearson

III berdasarkan Cs (Soewarno, 1995) apabila nilai Cs pada data final berbeda dari nol. Dengan pendekatan tersebut dan setelah koreksi antilog, curah hujan rencana Log Pearson III menghasilkan nilai yang identik dengan Distribusi Log Normal:

Tabel 4.4 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

T (tahun)	KT (pendekatan)	Log XT	$XT = 10^{\log X_T}(\text{mm})$
2	0,00	2,000	100,00
5	0,84	2,123	132,73
10	1,28	2,188	154,17

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Nilai XT diperoleh setelah hasil logaritmik dikembalikan melalui proses antilog. Hasilnya sama dengan Distribusi Log Normal pada data yang digunakan. Namun, penggunaan KT pendekatan ini perlu diverifikasi kembali dengan tabel KT Log Pearson III berdasarkan Cs sebelum naskah final.

4.1.4 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk menentukan curah hujan rencana berdasarkan data maksimum tahunan. Karena jumlah data yang digunakan sebanyak 10 tahun, maka nilai parameter reduksi rata-rata (Y_n) sebesar 0,4952 dan standar deviasi reduksi (S_n) sebesar 0,9496 diambil berdasarkan tabel parameter Gumbel yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya nilai Y_t ditentukan berdasarkan periode ulang, kemudian digunakan untuk memperoleh faktor frekuensi K.

Tabel 4.5 Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

T (tahun)	Y_t	$K = (Y_t - Y_n)/S_n$	$XT = \bar{X} + K \cdot S \text{ (mm)}$
2	0,3665	-0,1355	112,10
5	1,4999	1,061	158,92
10	2,2502	1,8481	189,73

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Nilai XT diperoleh dari nilai rata-rata curah hujan sebesar 117,40 mm,

faktor frekuensi K, dan standar deviasi sebesar 39,141 mm. Dengan demikian diperoleh curah hujan rencana sebesar 112,10 mm untuk periode ulang 2 tahun, 158,92 mm untuk periode ulang 5 tahun, dan 189,73 mm untuk periode ulang 10 tahun.

4.1.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana

Untuk memudahkan pemilihan distribusi yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya, seluruh hasil curah hujan rencana dari Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson Tipe III, dan Gumbel direkapitulasi pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana (R24) Seluruh Distribusi

T (tahun)	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Log Pearson III (mm)	Gumbel (mm)
2	117,40	100,00	100,00	112,10
5	150,27	132,73	132,73	158,92
10	167,50	154,17	154,17	189,73

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Tabel 4.6 merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan pada subbab sebelumnya. Nilai pada tabel tidak dihitung kembali, tetapi diambil dari hasil masing-masing distribusi. Rekapitulasi ini selanjutnya digunakan untuk menentukan distribusi yang paling sesuai melalui uji kesesuaian distribusi.

4.2 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi (Uji Smirnov-Kolmogorov)

Uji kesesuaian dilakukan menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov untuk mengetahui distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan data curah hujan. Nilai Dmaks diperoleh dari selisih maksimum antara probabilitas empiris dan teoritis, sedangkan Dkritis merupakan nilai batas pengujian sebagai pembanding. Distribusi dinyatakan memenuhi uji kesesuaian apabila nilai Dmaks lebih kecil atau sama dengan nilai Dkritis ($D_{maks} \leq D_{kritis}$). Distribusi dengan nilai Dmaks terkecil dan memenuhi syarat tersebut dapat dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai untuk analisis selanjutnya.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov

No	Distribusi	Dmaks	Dkritis	Kesimpulan
1	Normal	0,1404	0,410	Diterima
2	Log Normal	0,1276	0,410	Diterima
3	Log Pearson III	0,1273	0,410	Diterima
4	Gumbel	0,1186	0,410	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.7, seluruh distribusi memiliki nilai Dmaks lebih kecil daripada Dkritis sebesar 0,410 sehingga seluruh distribusi dapat diterima. Distribusi Gumbel mempunyai nilai Dmaks paling kecil, yaitu 0,1186. Oleh karena itu, Distribusi Gumbel dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai. Nilai curah hujan rencana yang digunakan pada perhitungan selanjutnya adalah $R_2 = 112,10$ mm, $R_5 = 158,81$ mm, dan $R_{10} = 189,73$ mm.

4.3 Luas Daerah Tangkapan (A)

Luas daerah tangkapan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran lapangan terhadap area yang memberikan kontribusi limpasan menuju rain garden. Berdasarkan data yang terdapat dalam penelitian, luas atap diperoleh dari ukuran $10 \text{ m} \times 8,5 \text{ m}$, sedangkan luas taman diperoleh dari ukuran $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$.

Tabel 4.8 Luas Daerah Tangkapan

Jenis Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
Atap rumah	10	8,5	85
Taman	5	5	25
Total			110

Sumber: Hasil pengukuran lapangan dan perhitungan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.8, luas daerah tangkapan yang digunakan dalam perhitungan adalah 110 m^2 . Luas tersebut merupakan area yang berkontribusi terhadap limpasan menuju titik pengamatan dan selanjutnya digunakan sebagai parameter A dalam Metode Rasional

4.4 Koefisien Limpasan (C) Kondisi Eksisting

Koefisien limpasan ditentukan berdasarkan jenis permukaan pada daerah tangkapan. Nilai C untuk setiap permukaan mengacu pada Tabel 2.3 dalam Bab II. Berdasarkan tabel tersebut, rentang nilai C untuk atap genteng/seng adalah 0,70–0,95, sedangkan taman/halaman rumput adalah 0,10–0,35. Dalam perhitungan kondisi eksisting digunakan $C = 0,85$ untuk atap dan $C = 0,25$ untuk taman.

Tabel 4.9 Koefisien Limpasan Kondisi Eksisting

Jenis Permukaan	A Luas (m ²)	Nilai C	C x A
Atap rumah	85	0,85	72,25
Taman	25	0,25	6,25
Total	110		78,5
Cgabungan			0,7136

Sumber: Tabel 2.3 dan hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan hasil tersebut, nilai koefisien limpasan gabungan kondisi eksisting adalah 0,7136. Nilai 0,7136 inilah yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit puncak limpasan kondisi eksisting.

4.5 Kemiringan Lintasan Aliran dan Waktu Konsentrasi (tc)

Data yang digunakan dalam perhitungan diperoleh dari hasil pengukuran lapangan. Kedalaman awal aliran sebesar 2 cm, kedalaman akhir aliran menuju *rain garden* sebesar 5 cm, dan panjang lintasan aliran sebesar 2,6 m. Selisih kedalaman awal dan akhir digunakan sebagai dasar dalam menentukan beda tinggi aliran.

$$\Delta H = H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}} = 5 - 2 = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

Kemiringan:

$$S = \Delta H / L = 0,03 / 2,6 = 0,0115$$

Selanjutnya, waktu konsentrasi ditentukan berdasarkan karakteristik lintasan aliran dan diperoleh nilai sebesar 0,772 menit. Nilai tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan intensitas hujan sebagai salah satu parameter dalam Metode Rasional.

Tabel 4.10 Hasil Kemiringan dan Waktu Konsentrasi

Parameter	Nilai
Beda elevasi (ΔH)	0,03 m
Panjang lintasan (L)	2,6 m
Kemiringan (s)	0,0115
tc yang digunakan	0,772

Sumber: Hasil pengukuran lapangan dan perhitungan (2026).

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan Persamaan Kirpich berdasarkan panjang lintasan dan kemiringan aliran. Hasil perhitungan diperoleh menit dan digunakan dalam perhitungan intensitas hujan.

4.6 Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe. Nilai yang diperlukan berasal dari dua hasil sebelumnya, yaitu R24 dari Distribusi Gumbel pada Subbab 4.2 dan $t_c = 0,772$ jam dari Subbab 4.5.

Dengan demikian:

$$R_2 = 112,10 \text{ mm}$$

$$R_5 = 158,81 \text{ mm}$$

$$R_{10} = 189,73 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,01287 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

T (tahun)	R24 (mm)	tc (jam)	I (mm/jam)
2	112,10	0,772	46,140
5	158,92	0,772	65,366
10	189,73	0,772	78,093

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.11, intensitas hujan meningkat dari 46,140 mm/jam pada periode ulang 2 tahun menjadi 65,366 mm/jam pada periode ulang 5 tahun dan

78,093 mm/jam pada periode ulang 10 tahun. Nilai intensitas tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit puncak limpasan.

4.7 Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting

Debit puncak limpasan pada kondisi eksisting dihitung menggunakan Metode Rasional berdasarkan hasil perhitungan pada subbab sebelumnya. Parameter yang digunakan meliputi koefisien limpasan sebesar 0,71 dari Subbab 4.4, luas daerah tangkapan sebesar 110 m² dari Subbab 4.3, serta intensitas hujan untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun dari Subbab 4.6.

Sebelum dilakukan perhitungan, luas daerah tangkapan dikonversikan dari satuan m² menjadi km² karena satuan luas yang digunakan dalam Metode Rasional adalah km². Berdasarkan hasil perhitungan, debit puncak limpasan untuk kala ulang 2 tahun sebesar 0,00100 m³/detik (1,00 liter/detik), kala ulang 5 tahun sebesar 0,00142 m³/detik (1,42 liter/detik), dan kala ulang 10 tahun sebesar 0,00170 m³/detik (1,70 liter/detik).

Tabel 4.12 Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting

T (tahun)	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /detik)	Q (liter/detik)
2	0,7136	46,14	0,00011	0,001006	1,01
5	0,7136	65,366	0,00011	0,001428	1,43
10	0,7136	78,093	0,00011	0,001704	1,70

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan Tabel 4.12, debit puncak limpasan kondisi eksisting berkisar antara 1,01–1,70 liter/detik untuk periode ulang 2–10 tahun. Peningkatan debit terjadi karena intensitas hujan meningkat seiring bertambahnya periode ulang.

4.8 Penentuan Koefisien Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Penentuan koefisien limpasan setelah penerapan rain garden dilakukan untuk mengetahui perubahan koefisien limpasan permukaan setelah sebagian area taman difungsikan sebagai rain garden. Pada kondisi setelah penerapan rain garden,

luas daerah tangkapan tetap sebesar 110 m², yang terdiri dari area atap rumah sebesar 85 m², area taman sebesar 23 m², dan area rain garden sebesar 2 m².

Nilai koefisien limpasan untuk masing-masing jenis permukaan ditentukan berdasarkan karakteristik penggunaan lahan. Koefisien limpasan atap rumah sebesar 0,85, koefisien limpasan taman sebesar 0,25, sedangkan area rain garden menggunakan koefisien limpasan sebesar 0,20. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan luas masing-masing jenis permukaan sehingga diperoleh nilai koefisien limpasan gabungan setelah penerapan rain garden sebesar 0,7127 atau dibulatkan menjadi 0,712 ($\approx 0,71$).

Nilai tersebut sedikit lebih kecil dibandingkan koefisien limpasan kondisi eksisting sebesar 0,713. Penurunan ini terjadi karena sebagian area taman seluas 2 m² dialihkan menjadi rain garden yang memiliki koefisien limpasan lebih rendah. Perhitungan lengkap penentuan koefisien limpasan setelah penerapan rain garden disajikan pada Lampiran C.7.

4.9 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Debit puncak limpasan setelah penerapan rain garden dihitung menggunakan Metode Rasional dengan parameter yang sama seperti kondisi eksisting. Penerapan rain garden tidak mengubah luas daerah tangkapan, panjang lintasan aliran, maupun kemiringan lahan, sehingga waktu konsentrasi dan intensitas hujan yang digunakan tetap sama. Perubahan utama terdapat pada nilai koefisien limpasan, yaitu dari 0,713 pada kondisi eksisting menjadi 0,712 setelah penerapan rain garden.

Tabel 4.13 Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

T (tahun)	Q (m ³ /detik)	Q (liter/detik)
2	0,001004	1,00
5	0,001425	1,42
10	0,001700	1,70

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa debit puncak limpasan setelah penerapan rain garden meningkat seiring dengan bertambahnya kala ulang. Debit

terbesar diperoleh pada kala ulang 10 tahun sebesar 0,001700 m³/detik atau 1,700 liter/detik, sedangkan debit terkecil pada kala ulang 2 tahun sebesar 0,001004 m³/detik atau 1,00 liter/detik. Perhitungan lengkap debit puncak setelah penerapan rain garden disajikan pada Lampiran C.8.

4.10 Perbandingan Debit Puncak dan Persentase Reduksi Limpasan

Perbandingan debit puncak dilakukan untuk mengetahui perubahan debit limpasan sebelum dan setelah penerapan rain garden. Berdasarkan hasil perhitungan, koefisien limpasan gabungan mengalami penurunan dari 0,7136 pada kondisi eksisting menjadi 0,7127 setelah penerapan rain garden. Penurunan tersebut menghasilkan persentase reduksi debit puncak sebesar 0,13%.

Hasil perbandingan debit puncak sebelum dan setelah penerapan rain garden dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

T (tahun)	Q Eksisting (m ³ /detik)	Q Setelah Rain Garden (m ³ /detik)	Reduksi
2	0,001006	0,001004	0,13%
5	0,001428	0,001425	0,13%
10	0,001704	0,001700	0,13%

Sumber: Hasil perhitungan (2026).

Berdasarkan tabel tersebut, penerapan rain garden menghasilkan penurunan debit puncak limpasan sebesar sekitar 0,13% pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Penurunan yang relatif kecil disebabkan oleh luas rain garden yang hanya 2 m² dibandingkan dengan total luas daerah tangkapan sebesar 110 m², sehingga perubahan koefisien limpasan gabungan dan debit puncak juga relatif kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh rain garden terhadap penurunan debit puncak pada skala seluruh daerah tangkapan masih relatif kecil.

4.11 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, curah hujan rencana dan intensitas hujan mengalami peningkatan seiring bertambahnya kala ulang. Kondisi tersebut

menyebabkan debit puncak limpasan pada kondisi eksisting juga meningkat. Debit puncak yang diperoleh sebesar 0,001006 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 0,001428 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, dan 0,001704 m³/detik pada kala ulang 10 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kala ulang, semakin besar pula debit limpasan yang dihasilkan.

Setelah penerapan rain garden, koefisien limpasan gabungan mengalami penurunan dari 0,7136 menjadi 0,7127. Perubahan tersebut terjadi karena sebagian area taman seluas 2 m² dialihkan menjadi rain garden yang memiliki koefisien limpasan lebih rendah. Penurunan koefisien tersebut menyebabkan debit puncak menjadi 0,001004 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 0,001425 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, dan 0,001700 m³/detik pada kala ulang 10 tahun.

Berdasarkan perbandingan kondisi eksisting dan setelah penerapan rain garden, diperoleh penurunan debit puncak sekitar 0,13% pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Persentase reduksi yang relatif kecil disebabkan oleh luas rain garden yang hanya 2 m² dibandingkan dengan total luas daerah tangkapan sebesar 110 m². Dengan demikian, perubahan area yang relatif kecil menyebabkan perubahan koefisien limpasan gabungan dan debit puncak juga relatif kecil. Meskipun demikian, hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan rain garden tetap memberikan pengaruh terhadap pengurangan limpasan permukaan pada lokasi penelitian. Hasil uji infiltrasi lapangan selanjutnya menjadi pendukung dalam melihat kemampuan resapan pada area rain garden.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan dan saran yang diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengelolaan limpasan permukaan melalui penerapan rain garden.

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Metode Rasional, debit puncak limpasan pada kondisi eksisting diperoleh sebesar 0,001006 m³/detik untuk kala ulang 2 tahun, 0,001428 m³/detik untuk kala ulang 5 tahun, dan 0,001704 m³/detik untuk kala ulang 10 tahun. Setelah penerapan rain garden, debit puncak menurun menjadi 0,001004 m³/detik, 0,001425 m³/detik, dan 0,001700 m³/detik untuk masing-masing kala ulang tersebut.
2. Penerapan rain garden menghasilkan reduksi debit puncak limpasan sebesar 0,13% pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Penurunan tersebut terjadi karena koefisien limpasan gabungan mengalami perubahan dari 0,7136 pada kondisi eksisting menjadi 0,7127 setelah penerapan rain garden. Namun, pengaruhnya terhadap debit puncak masih relatif kecil karena luas rain garden hanya 2 m² dibandingkan luas daerah tangkapan 110 m².

5.2 Saran

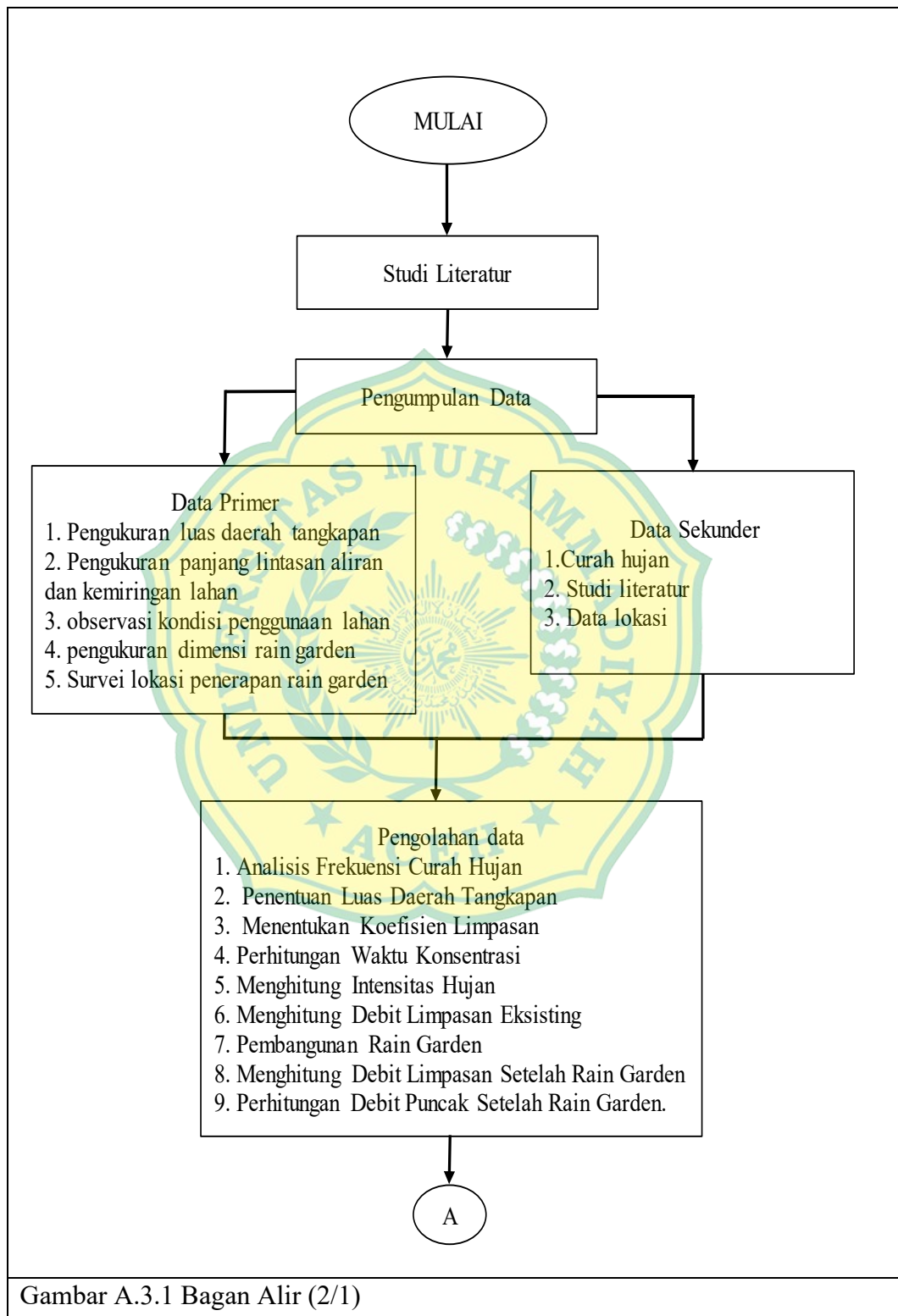
1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan kajian terhadap variasi luas rain garden dengan mempertimbangkan luas daerah tangkapan, sehingga dapat diketahui ukuran rain garden yang lebih sesuai untuk meningkatkan pengurangan debit puncak limpasan.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian infiltrasi secara lebih lengkap dan membandingkan beberapa variasi desain *rain garden* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemampuan resapan dan penurunan debit limpasan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

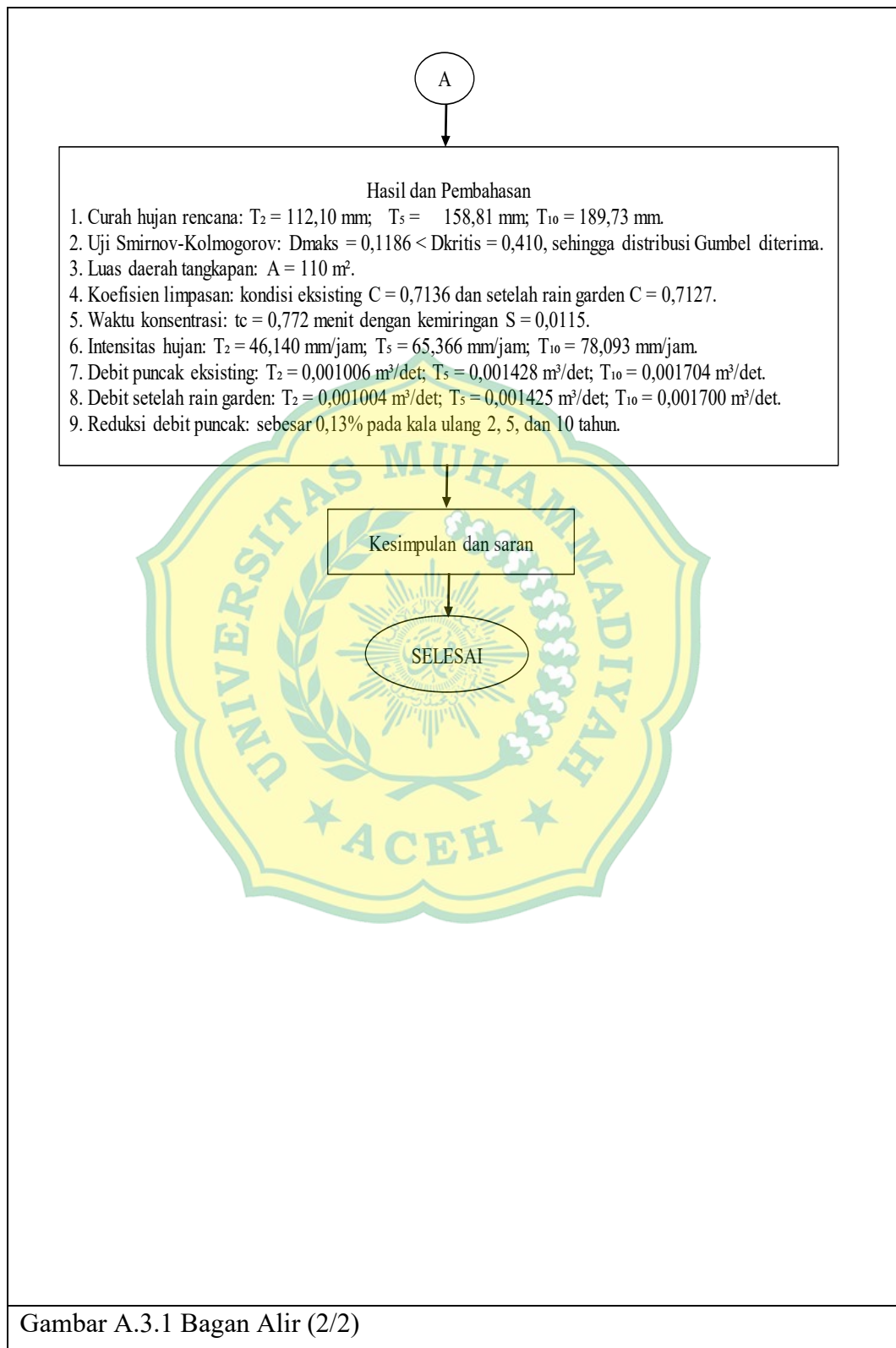
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017). *Standard Guidelines for the Design, Installation, and Operation and Maintenance of Urban Stormwater Systems* (ANSI/ASCE/EWRI 45-16, 46-16, 47-16). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Burns, M. J., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., Ladson, A. R., & Hatt, B. E. (2012). Hydrologic shortcomings of conventional urban stormwater management and opportunities for reform. *Landscape and Urban Planning*, 105(3), 230–240.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Davis, A. P., Hunt, W. F., Traver, R. G., & Clar, M. (2009). Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. *Journal of Environmental Engineering*, 135(3), 109–117.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.
- Guo, J. C. Y. (2020). *Urban Flood Mitigation and Stormwater Management*. Boca Raton: CRC Press.
- Hunt, W. F., Davis, A. P., & Traver, R. G. (2012). Meeting Hydrologic and Water Quality Goals through Targeted Bioretention Design. *Journal of Environmental Engineering*, 138(6), 698–707.
- Jufianto, I., Ikhsan, J., & Barid, B. (2018). Analisis Pengaruh Metode Taman Hujan dalam Menurunkan Debit dan Kekeruhan Air Limpasan Permukaan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 16(2), 131–138. <https://doi.org/10.18196/st.v16i2.4898>
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Li, C., Peng, C., Chiang, P. C., Cai, Y., Wang, X., & Yang, Z. (2019). Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *Journal of Hydrology*, 568, 626–637.

- Lim, H. S., & Lu, X. X. (2016). Sustainable urban stormwater management in the tropics: An evaluation of Singapore's ABC Waters Program. *Journal of Hydrology*, 538, 842–862.
- New York City Department of Buildings. (2022). *New York City Plumbing Code, Chapter 11: Storm Drainage*. New York, NY: City of New York. https://up.codes/viewer/new_york_city/nyc-plumbing-code-2022/chapter/11/storm-drainage
- Prince George's County. (1999). *Low Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach*. Maryland: Prince George's County Department of Environmental Resources.
- Sadewa, G., Hariati, F., Chayati, N., & Salman, N. (2019). Perencanaan Bioretensi di Kawasan Gelora Bung Karno, Jakarta. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 3(1), 9–14. <https://doi.org/10.32832/komposit.v3i1.374>
- Saputra, A. J., & Josephine, J. (2022). Implementasi Rain Garden Infiltration untuk Mencapai Pembangunan Berkelanjutan dalam Pengelolaan Air Hujan. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 19(1), 11–19. <https://doi.org/10.30630/jirs.v19i1.767>
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data (Jilid 1)*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Strauch, K. R., Rus, D. L., & Holm, K. E. (2016). Water Balance Monitoring for Two Bioretention Gardens in Omaha, Nebraska, 2011–14. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2015-5188*, 19 p. <https://doi.org/10.3133/sir20155188>
- Subramanya, K. (2008). *Engineering Hydrology* (3rd ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ware Landscaping. (2025). *Guide to Rainwater Garden Design: Sustainable Stormwater Solutions for Your Property*. <https://warelandscaping.com/guide-to-rainwater-garden-design>
- Zhou, Q. (2014). A review of sustainable urban drainage systems considering climate change and urbanization impacts. *Water*, 6(4), 976–992.

LAMPIRAN A



LAMPIRAN A

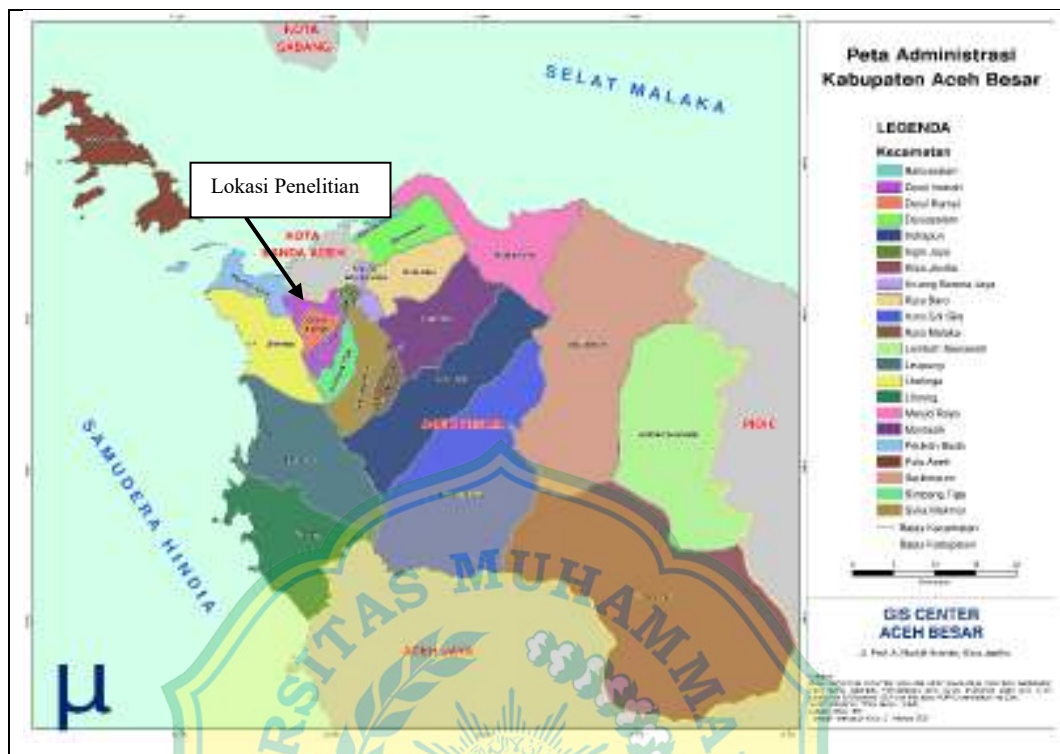


LAMPIRAN A



Gambar A.3.2 Peta Provinsi Aceh
Sumber: BPK RI Wilayah Aceh, 2023

LAMPIRAN A



Gambar A.3.3 Peta Administrasi Kabupaten Aceh Besar
Sumber: GIS Center Aceh Besar (2007)



Gambar A.3.4 Foto Lokasi penelitian
Sumber: Google Earth

LAMPIRAN A



Gambar A.3.5 : Foto Proses penanda dan penggalian Rain Garden



Gambar A.3.6 : Foto Proses pembuatan Cekungan Rain Garden

LAMPIRAN A



Gambar A.3.7 : Foto Proses Penggalian Rain Garden



Gambar A.3.8 : Foto setelah penggalian Rain Garden

LAMPIRAN A



Gambar A.3.9 : Foto Pembuatan saluran inlet ke Rain Garden



Gambar A.3.10 : Foto Proses pengisian pasir ke Rain Garden

LAMPIRAN A



Gambar A.3.11 : Foto Proses pengisian tanah dan kompos ke Rain Garden



Gambar A.3.12 : Foto Proses pemasangan plastik dan kerikil di inlet

LAMPIRAN A



Gambar A.3.13 : Foto Proses penanaman vegetasi



Gambar A.3.14 : Foto Proses penanaman vegetasi

LAMPIRAN A



Gambar A.3.15 : Foto Rain Garden Ketika Hujan



Gambar A.3.16 : Foto Rain Garden Ketika Hujan

LAMPIRAN A



Gambar A.3.17 : Foto Rain Garden Setelah Hujan



Gambar A.3.18 : Foto Skema rain garden

LAMPIRAN B

Tabel 2.1 Nilai k untuk Distribusi *Log Pearson III*

Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
(CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,3956	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,840	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	6,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,166	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	5,525
0,2	-0,033	0,831	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,830	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400

LAMPIRAN B

Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
(CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	1,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : CD Soemarto, Hidrologi Teknik, 1999)

Tabel 2.2 Nilai reduksi variat (Yt)

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190

LAMPIRAN B

Periode Ulang	<i>Reduced Variate</i>
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : CD Soemarto, Hidrologi Teknik, 1999)

Tabel 2.3 Nilai reduksi variat (Yt)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,2260	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	12,069	12,073	12,077	12,081	12,084	12,087	12,090	12,093	12,096

(Sumber : CD Soemarto, Hidrologi Teknik, 1999)

LAMPIRAN C

Lampiran C.1 Menghitung Analisis frekuensi curah hujan.

1. Perhitungan Distribusi Normal

Perhitungan Distribusi Normal digunakan untuk menganalisis data curah hujan yang memiliki pola penyebaran simetris terhadap nilai rata-rata. Metode ini digunakan apabila data mendekati distribusi normal sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan curah hujan rencana. Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai rata-rata dan simpangan baku data curah hujan. Hasilnya kemudian digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menentukan distribusi yang paling sesuai melalui uji kesesuaian distribusi.

Tabel perhitungan curah hujan rata rata untuk distribusi normal

No	Tahun	Xi	$Xi - \bar{X}$	$Xi - \bar{X}^3$	$Xi - \bar{X}^4$
1	2013	114	11,56	-39,304	133,6336
2	2014	189	5126,56	367061,7	26281617
3	2015	110	54,76	-405,224	2998,658
4	2016	146	817,96	23393,66	669058,6
5	2017	161	1900,96	82881,86	3613649
6	2018	68	2440,36	-120554	5955357
7	2019	74	1883,56	-81746,5	3547798
8	2020	78	1552,36	-61163	2409822
9	2021	117	0,16	-0,064	0,0256
10	2022	117	0,16	-0,064	0,0256
jumlah		1174	13788,4	209429,3	42480434
$\bar{X}$ rata - rata		117,4			
standar deviasi		39,141			
koefisien variasi (Cv)		0,333			
koefisien kemencengan (Cs)		0,485			
koefisien kurtosis (Ck)		3,591			

1. Menghitung Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{13788,40}{9}} = 39,14 \text{ mm}$$

$$S = 39,14 \text{ mm}$$

2. nilai K_T

Untuk nilai K_T dapat dilihat pada tabel 2.1 Halaman 7. Dimana pada beberapa periode ulang didapat sebagai berikut:

$$2 = 0$$

$$5 = 0,84$$

$$10 = 1,28$$

3. Perhitungan Periode Ulang Metode Distribusi Normal

a. Periode ulang 2 tahun

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$X_T = 117,4 + 0. 39,141$$

$$X_T = 117,4$$

b. Periode ulang 5 tahun

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$X_T = 117,4 + 0,84. 39,141$$

$$X_T = 150,27$$

c. Periode ulang 10 tahun

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$X_T = 117,4 + 1,28. 39,141$$

$$X_T = 167,50$$

2. Perhitungan Distribusi Log Normal

Perhitungan Distribusi Log Normal digunakan dengan mengubah data curah hujan ke dalam bentuk logaritma sebelum dilakukan analisis. Metode ini diterapkan apabila data tidak berdistribusi normal, tetapi memiliki pola yang lebih sesuai setelah transformasi logaritma. Transformasi logaritma bertujuan mengurangi penyimpangan distribusi data sehingga hasil analisis menjadi lebih representatif. Selanjutnya, hasil perhitungan dibandingkan dengan distribusi lainnya untuk menentukan distribusi yang paling sesuai.

Tabel perhitungan curah hujan rata rata untuk distribusi Log normal

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi-log Xrata-rata)^2	(Log Xi-log Xrata-rata)^3	(Log Xi-log Xrata-rata)^4
1	2013	114	2,057	0,0001	0,0000	0,00
2	2014	189	2,276	0,0524	0,0120	0,00
3	2015	110	2,041	0,0000	0,0000	0,00
4	2016	146	2,164	0,0136	0,0016	0,00
5	2017	161	2,207	0,0253	0,0040	0,00
6	2018	68	1,833	0,0463	-0,0100	0,00
7	2019	74	1,869	0,0318	-0,0057	0,00
8	2020	78	1,892	0,0242	-0,0038	0,00
9	2021	117	2,068	0,0004	0,0000	0,00
10	2022	117	2,068	0,0004	0,0000	0,00
jumlah		1174	20,4761	0,19459	-0,0018	0,01
X rata - rata		117,4	2,0			
standar deviasi (s log x)		0,147				
koefisien variasi (Cv)		0,001				
koefisien Skew (Cs)		-0,077				

1. Menghitung Standar Deviasi (S)

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log X)^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,194}{9}}$$

$$S = 0,147 \text{ mm}$$

2. nilai KT

Untuk nilai KT dapat dilihat pada tabel 2.1 Halaman 7. Dimana pada beberapa periode ulang didapat sebagai berikut:

$$2 = 0$$

$$5 = 0,84$$

$$10 = 1,28$$

3. Perhitungan Periode Ulang Metode Distribusi Normal

- a. Periode ulang 2 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 0,147$$

$$X_T = 2$$

- b. Periode ulang 5 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 0,84 \cdot 0,147$$

$$X_T = 2,123$$

- c. Periode ulang 10 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 1,28 \cdot 0,147$$

$$X_T = 2,188$$

3. Perhitungan Distribusi Log Person III

Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III digunakan untuk menganalisis data curah hujan yang memiliki tingkat kemencengan (*skewness*) tertentu. Metode ini mempertimbangkan nilai koefisien kemencengan sehingga dapat memberikan hasil yang lebih sesuai pada data yang tidak simetris. Distribusi ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena mampu menggambarkan karakteristik data curah hujan yang bervariasi. Hasil perhitungannya kemudian diuji untuk menentukan kelayakan penggunaannya dalam analisis frekuensi.

Tabel perhitungan curah hujan rata rata untuk distribusi Log Person III

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi-log Xrata-rata) ²	(Log Xi-log Xrata-rata) ³	(Log Xi-log Xrata-rata) ⁴
1	2013	114	2,057	0,0001	0,0000	0,0000
2	2014	189	2,276	0,0524	0,0120	0,0027
3	2015	110	2,041	0,0000	0,0000	0,0000
4	2016	146	2,164	0,0136	0,0016	0,0002
5	2017	161	2,207	0,0253	0,0040	0,0006

Tabel perhitungan curah hujan rata rata untuk distribusi Log Person III

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi-log Xrata-rata)^2	(Log Xi-log Xrata-rata)^3	(Log Xi-log Xrata-rata)^4
6	2018	68	1,833	0,0463	-0,0100	0,0021
7	2019	74	1,869	0,0318	-0,0057	0,0010
8	2020	78	1,892	0,0242	-0,0038	0,0006
9	2021	117	2,068	0,0004	0,0000	0,0000
10	2022	117	2,068	0,0004	0,0000	0,0000
jumlah		1174	20,476	0,1946	-0,0018	0,0073
$\bar{X}$ rata - rata		117,4	2,0			
koefisien Skew (Cs)		-0,077				
koefisien variasi (Cv)		0,072				
koefisien kurtosis (Ck)		3,102				

1. Menghitung Standar Deviasi (S)

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log X)^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,194}{9}}$$

$$S = 0,147 \text{ mm } \sigma$$

2. Hitung standar deviasi (S log x)³

$$\sigma_R = \sqrt{(s \log X)^3}$$

$$\sigma_R = \sqrt{(0,147)^3}$$

$$\sigma_R = 0,056$$

3. Menghitung Nilai efisien Kemencengan Cs

$$C_S = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$C_S = \frac{10(-0,0018)}{(10-1)(10-2)0,147}$$

$$C_S = -0,077$$

4. nilai K

Untuk nilai K didapatkan sebagai berikut sesuai ketentuan, yaitu pada Lampiran B tabel B.2.1 halaman 57 yang mana didapat dengan cara melihat nilai Cs pada

perhitungan ini didapatkan nilai C_s sebesar -0,077 maka untuk nilai K didapat sebagai berikut :

$$2 = 0,116$$

$$5 = 0,857$$

$$10 = 1,183$$

5. Perhitungan Periode Ulang Metode Distribusi Normal

- a. Periode ulang 2 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 0,116 \cdot 0,147$$

$$X_T = 2,01$$

- b. Periode ulang 5 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 0,857 \cdot 0,147$$

$$X_T = 2,125$$

- c. Periode ulang 10 tahun

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \cdot S \log X)$$

$$\text{Log } X_T = 2,0 + 1,183 \cdot 0,147$$

$$X_T = 2,173$$

4. Perhitungan Distribusi Gumbel

Perhitungan Distribusi Gumbel digunakan untuk menganalisis peluang terjadinya nilai curah hujan maksimum atau kejadian hujan ekstrem. Metode ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena dirancang untuk memperkirakan kejadian ekstrem yang mungkin terjadi pada kala ulang tertentu. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan parameter statistik dan faktor reduksi Gumbel sesuai kala ulang yang dipilih. Hasilnya digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menentukan curah hujan rencana yang paling sesuai dengan karakteristik data.

Tabel perhitungan curah hujan rata rata untuk distribusi Gumbel

No	Tahun	Ri	(Ri - $\sum Ri$)	(Ri - $\sum Ri$) ²	(Ri - $\sum Ri$) ³	(Ri - $\sum Ri$) ⁴
1	2013	114	-3,400	11,5600	-39,3040	133,6336
2	2014	189	71,600	5126,5600	367061,6960	26281617,4336
3	2015	110	-7,400	54,7600	-405,2240	2998,6576
4	2016	146	28,600	817,9600	23393,6560	669058,5616
5	2017	161	43,600	1900,9600	82881,8560	3613648,9216
6	2018	68	-49,400	2440,3600	-120553,7840	5955356,9296
7	2019	74	-43,400	1883,5600	-81746,5040	3547798,2736
8	2020	78	-39,400	1552,3600	-61162,9840	2409821,5696
9	2021	117	-0,400	0,1600	-0,0640	0,0256
10	2022	117	-0,400	0,1600	-0,0640	0,0256
jumlah		1174	0,000	13788,4	209429,28	42480434,0320
X̄ rata - rata		117,4				
standar deviasi		39,141				
koefisien variasi (Cv)		0,333				
koefisien kemencengan (Cs)		0,485				
koefisien kurtosis (Ck)		3,591				

1. Hitung standar deviasi

$$\begin{aligned}
 SR &= \sqrt{\frac{\sum(Ri - \sum Ri)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{13788,4}{10-1}} \\
 &= 39,141s
 \end{aligned}$$

2. Menentukan Nilai Yt, Yn, dan Sn

Untuk nilai Nilai Yt, Yn, dan Sn dapat dilihat pada tabel

3. Menentukan Nilai Yt, Yn, dan Sn

$$K = \left(\frac{yt - yn}{Sn} \right)$$

a. Periode ulang 2 tahun

$$K = \left(\frac{0,3665 - 0,4952}{0,9496} \right)$$

$$K = -0,1359$$

b. Periode ulang 5 tahun

$$K = \left(\frac{1,4999 - 0,4952}{0,9496} \right)$$

$$K = 1,061$$

c. Periode ulang 10 tahun

$$K = \left(\frac{2,2502 - 0,4952}{0,9496} \right)$$

$$K = 1,854$$

4. Perhitungan Periode Ulang untuk T tahun

a. Periode ulang 2 tahun

$$X_T = R_i + K \times S$$

$$X_T = 117,4 + (-0,1355 \times 39,14)$$

$$X_T = 112,10 \text{ mm}$$

b. Periode ulang 5 tahun

$$X_T = R_i + K \times S$$

$$X_T = 117,4 + (1,061 \times 39,14)$$

$$X_T = 158,92 \text{ mm}$$

c. Periode ulang 10 tahun

$$X_T = R_i + K \times S$$

$$X_T = 117,4 + (1,854 \times 39,14)$$

$$X_T = 189,96 \text{ mm}$$

5. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi (*Uji Smirnov-Kolmogorov*)

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk menguji kecocokan (*goodness of fit*) antara sebaran data curah hujan hasil pengamatan dengan sebaran teoritis yang digunakan (Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel). Data yang diuji adalah curah hujan harian maksimum tahunan (R24) periode 2013-2022, dengan jumlah data $n = 10$.

a. Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal

Uji Smirnov–Kolmogorov pada Distribusi Normal dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan maksimum mengikuti distribusi normal. Pengujian diawali dengan mengurutkan data dari nilai terkecil hingga terbesar, kemudian menghitung probabilitas empiris dan probabilitas teoritis berdasarkan Distribusi Normal. Selanjutnya dihitung selisih terbesar antara kedua probabilitas tersebut sebagai nilai Δ_{maks} . Nilai Δ_{maks} kemudian dibandingkan dengan nilai Δ_{kritis} pada tingkat signifikansi tertentu. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$, maka Distribusi Normal dinyatakan sesuai dengan data dan dapat digunakan dalam analisis frekuensi. Sebaliknya, jika $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$, maka Distribusi Normal tidak memenuhi uji kesesuaian sehingga perlu dipertimbangkan distribusi lainnya.

No	Tahun	X_i (mm)	m	$P(X_m)$	Z	$P'(X_m)$	ΔP
1	2014	189	1	0,0909	1,8293	0,0337	0,0572
2	2017	161	2	0,1818	1,1139	0,1327	0,0492
3	2016	146	3	0,2727	0,7307	0,2325	0,0402
4	2021	117	4	0,3636	-0,0102	0,5041	0,1404
5	2022	117	5	0,4545	-0,0102	0,5041	0,0495
6	2013	114	6	0,5455	-0,0869	0,5346	0,0108
7	2015	110	7	0,6364	-0,1891	0,5750	0,0614
8	2020	78	8	0,7273	-1,0066	0,8429	0,1157
9	2019	74	9	0,8182	-1,1088	0,8662	0,0481
10	2018	68	10	0,9091	-1,2621	0,8965	0,0125

$D_{maks} = 0,1404$

$D_{kritis} (n=10, \alpha=5\%) = 0,41$

Karena $D_{maks} (0,1404) < D_{kritis} (0,41)$, maka distribusi Normal diterima.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Normal

Uji Smirnov–Kolmogorov pada Distribusi Log Normal dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan maksimum yang telah ditransformasikan ke bentuk logaritma mengikuti Distribusi Log Normal. Pengujian diawali dengan mengubah data ke dalam bentuk logaritma, kemudian mengurutkan data dari nilai terkecil hingga terbesar serta menghitung probabilitas empiris dan probabilitas teoritis berdasarkan Distribusi Log Normal. Selanjutnya dihitung

selisih terbesar antara kedua probabilitas tersebut sebagai nilai Δ_{maks} . Nilai Δ_{maks} kemudian dibandingkan dengan Δ_{kritis} pada tingkat signifikansi tertentu. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$, maka Distribusi Log Normal dinyatakan sesuai dan dapat digunakan dalam analisis frekuensi, sedangkan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$, maka distribusi tersebut tidak memenuhi uji kesesuaian.

No	Tahun	X_i (mm)	m	$P(X_m)$	Z	$P'(X_m)$	ΔP
1	2014	189	1	0,0909	1,5563	0,0598	0,0311
2	2017	161	2	0,1818	1,0828	0,1395	0,0424
3	2016	146	3	0,2727	0,7939	0,2136	0,0591
4	2021	117	4	0,3636	0,1399	0,4444	0,0807
5	2022	117	5	0,4545	0,1399	0,4444	0,0102
6	2013	114	6	0,5455	0,0632	0,4748	0,0706
7	2015	110	7	0,6364	-0,0423	0,5169	0,1195
8	2020	78	8	0,7273	-1,0576	0,8549	0,1276
9	2019	74	9	0,8182	-1,2131	0,8875	0,0693
10	2018	68	10	0,9091	-1,4629	0,9282	0,0192

$$D_{maks} = 0,1276$$

$$D_{kritis} (n=10, \alpha=5\%) = 0,41$$

Karena $D_{maks} (0,1276) < D_{kritis} (0,41)$, maka distribusi Log Normal diterima.

c. Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Log Pearson III

Uji Smirnov–Kolmogorov pada Distribusi Log Pearson Tipe III dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan maksimum yang telah ditransformasikan ke bentuk logaritma sesuai dengan Distribusi Log Pearson Tipe III. Pengujian diawali dengan mengurutkan data, menghitung probabilitas empiris dan probabilitas teoritis berdasarkan Distribusi Log Pearson Tipe III dengan mempertimbangkan koefisien kemencengan (*skewness*). Selanjutnya dihitung selisih terbesar antara kedua probabilitas tersebut sebagai nilai Δ_{maks} . Nilai Δ_{maks} kemudian dibandingkan dengan Δ_{kritis} pada tingkat signifikansi tertentu. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$, maka Distribusi Log Pearson Tipe III dinyatakan sesuai dan dapat digunakan dalam analisis frekuensi, sedangkan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$, maka distribusi tersebut tidak memenuhi uji kesesuaian.

No	Tahun	X_i (mm)	m	$P(X_m)$	K	$P'(X_m)$	ΔP
1	2014	189	1	0,0909	1,5563	0,0576	0,0334
2	2017	161	2	0,1818	1,0828	0,1389	0,0429
3	2016	146	3	0,2727	0,7939	0,2150	0,0578
4	2021	117	4	0,3636	0,1399	0,4493	0,0857
5	2022	117	5	0,4545	0,1399	0,4493	0,0052
6	2013	114	6	0,5455	0,0632	0,4799	0,0656
7	2015	110	7	0,6364	-0,0423	0,5220	0,1144
8	2020	78	8	0,7273	-1,0576	0,8546	0,1273
9	2019	74	9	0,8182	-1,2131	0,8864	0,0682
10	2018	68	10	0,9091	-1,4629	0,9263	0,0173

$D_{maks} = 0,1273$

$D_{kritis} (n=10, \alpha=5\%) = 0,41$

Karena $D_{maks} (0,1273) < D_{kritis} (0,41)$, maka distribusi Log Pearson III diterima.

d. Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Gumbel

Uji Smirnov–Kolmogorov pada Distribusi Gumbel dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan maksimum tahunan sesuai dengan Distribusi Gumbel. Pengujian diawali dengan mengurutkan data dari nilai terkecil hingga terbesar, kemudian menghitung probabilitas empiris dan probabilitas teoritis berdasarkan Distribusi Gumbel. Selanjutnya dihitung selisih terbesar antara kedua probabilitas tersebut sebagai nilai Δ_{maks} . Nilai Δ_{maks} kemudian dibandingkan dengan Δ_{kritis} pada tingkat signifikansi tertentu. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$, maka Distribusi Gumbel dinyatakan sesuai dan dapat digunakan dalam analisis frekuensi, sedangkan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$, maka distribusi tersebut tidak memenuhi uji kesesuaian.

No	Tahun	X_i (mm)	m	$P(X_m)$	Y_t	$P'(X_m)$	ΔP
1	2014	189	1	0,0909	2,2323	0,1017	0,0108
2	2017	161	2	0,1818	1,5530	0,1907	0,0089
3	2016	146	3	0,2727	1,1891	0,2625	0,0102
4	2021	117	4	0,3636	0,4855	0,4596	0,0959
5	2022	117	5	0,4545	0,4855	0,4596	0,0050
6	2013	114	6	0,5455	0,4127	0,4841	0,0613
7	2015	110	7	0,6364	0,3157	0,5178	0,1186

No	Tahun	X_i (mm)	m	$P(X_m)$	Y_t	$P'(X_m)$	ΔP
8	2020	78	8	0,7273	-0,4607	0,7951	0,0678
9	2019	74	9	0,8182	-0,5577	0,8256	0,0075
10	2018	68	10	0,9091	-0,7033	0,8674	0,0417

$$D_{maks} = 0,1186$$

$$D_{kritis} (n=10, \alpha=5\%) = 0,41$$

Karena $D_{maks} (0,1186) < D_{kritis} (0,41)$, maka distribusi Gumbel diterima.

e. Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov

Rekapitulasi Hasil Uji Smirnov–Kolmogorov dilakukan untuk membandingkan hasil uji kesesuaian dari setiap distribusi probabilitas yang digunakan, yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson Tipe III, dan Gumbel. Rekapitulasi ini bertujuan untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan berdasarkan perbandingan nilai Δ_{maks} dan Δ_{kritis} . Distribusi yang memenuhi kriteria $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ dinyatakan layak digunakan sebagai dasar dalam analisis frekuensi curah hujan.

No	Distribusi	D_{maks}	D_{kritis}	Kesimpulan
1	Normal	0,1404	0,41	Diterima
2	Log Normal	0,1276	0,41	Diterima
3	Log Pearson III	0,1273	0,41	Diterima
4	Gumbel	0,1186	0,41	Diterima

Keempat distribusi (Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel) memenuhi syarat uji Smirnov-Kolmogorov karena $D_{maks} < D_{kritis}$. Distribusi Gumbel memiliki nilai D_{maks} terkecil (0,1186), sehingga merupakan distribusi yang paling mendekati sebaran data curah hujan pada lokasi studi.

LAMPIRAN C

Lampiran C.2 Menghitung Luas Daerah Tangkapan (A)

Luas daerah tangkapan (A) merupakan luas wilayah yang berkontribusi terhadap limpasan air hujan menuju titik pengamatan atau saluran drainase. Perhitungan luas daerah tangkapan dilakukan berdasarkan hasil pengukuran kondisi eksisting di lokasi penelitian dengan mengidentifikasi batas-batas area yang mengalirkan air ke titik pengumpulan. Nilai luas daerah tangkapan selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional.

Rumus:

$$A_c = A_{atap} + A_{taman}$$

Data:

a. Luas Atap Rumah

$$A_{atap} = 10 \times 8,5$$

$$A_{atap} = 85 \text{ m}^2$$

b. Luas Taman

$$A_{taman} = 5 \times 5$$

$$A_{taman} = 25 \text{ m}^2$$

c. Luas Daerah Tangkapan Total

$$A_c = 85 + 25$$

$$A_c = 110 \text{ m}^2$$

Lampiran C.3 Menghitung Nilai Koefisien Limpasan (C)

Koefisien limpasan (C) adalah nilai yang menunjukkan besarnya air hujan yang berubah menjadi limpasan permukaan. Nilai C dipengaruhi oleh jenis permukaan lahan. Permukaan yang kedap air seperti atap memiliki nilai limpasan yang lebih besar dibandingkan permukaan taman yang masih dapat menyerap air. Karena

daerah tangkapan rain garden terdiri dari atap rumah dan taman, maka nilai koefisien limpasan dihitung menggunakan koefisien gabungan.

Rumus:

$$C_{gabungan} = \frac{(C_{atap} \times A_{atap}) + (C_{taman} \times A_{taman})}{A_{total}}$$

Diketahui:

$$\text{Luas atap rumah } (A_{atap}) = 85 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas taman } (A_{taman}) = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total daerah tangkapan } (A_{total}) = 110 \text{ m}^2$$

Nilai koefisien limpasan untuk masing-masing jenis permukaan diambil berdasarkan Tabel 2.3. Koefisien limpasan atap rumah dipilih sebesar 0,85 karena atap merupakan permukaan kedap air sehingga sebagian besar air hujan menjadi limpasan. Nilai tersebut berada dalam rentang koefisien limpasan untuk permukaan atap yang direkomendasikan pada Tabel 2.3. Sementara itu, koefisien limpasan taman dipilih sebesar 0,25 karena taman merupakan permukaan bervegetasi yang masih memiliki kemampuan menyerap air ke dalam tanah, sehingga menghasilkan limpasan yang lebih kecil dibandingkan atap. Nilai 0,25 juga berada dalam rentang koefisien limpasan untuk taman atau halaman berumput sebagaimana tercantum pada Tabel 2.3.

$$\text{Atap rumah } (C_{atap}) = 0,85$$

$$\text{Taman } (C_{taman}) = 0,25$$

Maka:

$$\begin{aligned} C_{gabungan} &= \frac{(0,85 \times 85) + (0,25 \times 25)}{110} \\ &= \frac{72,25 + 6,25}{110} \\ &= \frac{78,5}{110} \\ &= 0,7136 \end{aligned}$$

Menghitung kemiringan rata – rata daerah lintasan air

Data yang diketahui

Kedalaman titik awal lintasan aliran terhadap acuan = 2 cm

Kedalaman titik akhir (arah rain garden) terhadap acuan = 5 cm

Panjang lintasan aliran air = 2,6 m

Perhitungan :

- a. Menghitung beda tinggi (ΔH)

$$\Delta H = H_{akhir} - H_{awal}$$

$$\Delta H = 5 - 2$$

$$\Delta H = 3 \text{ cm}$$

Karena panjang lintasan menggunakan cm, maka ubah ke meter:

$$3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

- b. Menghitung kemiringan rata-rata (S)

Rumus:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Keterangan:

S= kemiringan lintasan aliran

ΔH = beda tinggi antara titik awal dan titik akhir lintasan aliran (m)

L= panjang lintasan aliran (m)

Maka:

$$S = \frac{0,03}{2,6}$$

$$S = 0,0115$$

Lampiran C.4 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Perhitungan waktu konsentrasi (tc) dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan air hujan mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan menuju titik pengeluaran atau saluran drainase. Nilai waktu konsentrasi diperlukan untuk menentukan durasi hujan yang digunakan dalam perhitungan intensitas hujan.

Semakin besar nilai waktu konsentrasi, maka intensitas hujan yang digunakan umumnya semakin kecil. Oleh karena itu, nilai t_c menjadi salah satu parameter penting dalam perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional.

Panjang saluran (L) = 2,6

Kemiringan rata-rata (S) = 0,0115

$$\begin{aligned} t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right)^{0,385} \\ &= \left(\frac{0,87 \times 2,6^2}{1000 \times 0,0115} \right)^{0,385} \\ &= 0,772 \text{ menit} \end{aligned}$$

Lampiran C.5 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan (I) dilakukan untuk mengetahui besarnya curah hujan yang turun per satuan waktu pada daerah penelitian. Nilai intensitas hujan dihitung berdasarkan curah hujan rencana dan waktu konsentrasi menggunakan rumus Mononobe. Hasil perhitungan intensitas hujan digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam perhitungan debit rencana dengan Metode Rasional, karena besarnya intensitas hujan berpengaruh langsung terhadap besarnya debit limpasan yang dihasilkan.

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\ &= \frac{112,10}{24} \left(\frac{24}{0,772} \right)^{2/3} \\ &= 46,140 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_5 &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\ &= \frac{158,92}{24} \left(\frac{24}{0,772} \right)^{2/3} \\ &= 65,46 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{10} &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{189,73}{24} \left(\frac{24}{0,772} \right)^{2/3} \\
 &= 78,093 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil kemiringan rata-rata (s), Hujan periode ulang (RT), waktu konsentrasi (tc), dan intensitas hujan (I)

S	RT	t _c (jam)	I _t (mm/jam)
0,0115	112,10	-	46,140
0,0115	158,81	-	65,46
0,0115	189,73	-	78,093

Lampiran C.6 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Kondisi Eksisting

Debit puncak limpasan kondisi eksisting dihitung untuk mengetahui besarnya aliran permukaan sebelum adanya penerapan rain garden. Perhitungan dilakukan menggunakan Metode Rasional dengan persamaan:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan:

Q = debit puncak limpasan (m³/detik)

C = koefisien limpasan gabungan

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km²)

Sebelum dilakukan perhitungan debit puncak limpasan menggunakan Metode Rasional, luas daerah tangkapan perlu disesuaikan terlebih dahulu ke dalam satuan kilometer persegi (km²). Hal ini dilakukan karena pada persamaan Metode Rasional, parameter luas daerah tangkapan (A) menggunakan satuan km², sehingga luas hasil pengukuran di lapangan yang masih dalam satuan meter persegi (m²) harus dikonversi agar sesuai dengan persamaan yang digunakan.

$$A = 110 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{110}{1.000.000} = 0,00011 \text{ km}^2$$

$$Q_2 = 0,278 \times 0,7136 \times 46,140 \times 0,00011$$

$$= 0,001006 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,7136 \times 65,46 \times 0,00011$$

$$= 0,001428 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{10} = 0,278 \times 0,7136 \times 78,093 \times 0,00011$$

$$= 0,00170 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Rekapitulasi debit puncak limpasan sebelum penerapan rain garden:

T (Periode Ulang)	Q (m ³ /detik)
2	0,001006
5	0,001428
10	0,001704

Berdasarkan hasil perhitungan Metode Rasional, diperoleh debit puncak limpasan kondisi eksisting sebesar 0,001006 m³/detik untuk kala ulang 2 tahun, 0,001428 m³/detik untuk kala ulang 5 tahun, dan 0,001704 m³/detik untuk kala ulang 10 tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kala ulang hujan, maka debit puncak limpasan yang dihasilkan juga semakin besar karena intensitas hujan meningkat. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai pembanding untuk mengevaluasi pengaruh penerapan rain garden terhadap pengurangan limpasan permukaan.

Lampiran C.7 Penentuan Nilai Koefisien Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Penentuan nilai koefisien limpasan setelah penerapan *rain garden* dilakukan untuk mengetahui besarnya koefisien limpasan permukaan setelah adanya upaya pengendalian limpasan melalui pembangunan *rain garden*. Nilai koefisien limpasan ditentukan berdasarkan perubahan kondisi tata guna lahan, yaitu dengan mempertimbangkan area yang telah diubah menjadi *rain garden* sebagai daerah resapan sehingga nilai koefisien limpasan total menjadi lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan koefisien limpasan gabungan sebagai berikut:

$$C_{gabungan} = \frac{(C_{atap} \times A_{atap}) + (C_{taman} \times A_{taman}) + (C_{rg} \times A_{rg})}{A_{total}}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas atap rumah } (A_{\text{atap}}) &= 85 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas taman } (A_{\text{taman}}) &= (25 \text{ m}^2 - 2 \text{ m}^2) = 23 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas rain garden } (A_{\text{rg}}) &= 1 \times 2 = 2 \text{ m}^2, \\
 C_{\text{rg}} &= 0,20 \\
 \text{Luas total daerah tangkapan } (A_{\text{total}}) &= 110 \text{ m}^2 \\
 \text{Atap rumah } (C_{\text{atap}}) &= 0,85 \\
 \text{Taman } (C_{\text{taman}}) &= 0,25
 \end{aligned}$$

Nilai koefisien limpasan untuk masing-masing jenis permukaan diambil berdasarkan Tabel 2.3. Koefisien limpasan atap rumah dipilih sebesar 0,85 karena atap merupakan permukaan kedap air sehingga sebagian besar air hujan menjadi limpasan. Nilai tersebut berada dalam rentang koefisien limpasan untuk permukaan atap yang direkomendasikan pada Tabel 2.3. Sementara itu, koefisien limpasan taman dipilih sebesar 0,25 karena taman merupakan permukaan bervegetasi yang masih memiliki kemampuan menyerap air ke dalam tanah, sehingga menghasilkan limpasan yang lebih kecil dibandingkan atap. Nilai 0,25 juga berada dalam rentang koefisien limpasan untuk taman atau halaman bervegetasi sebagaimana tercantum pada Tabel 2.3. Setelah penerapan rain garden, koefisien limpasan area rain garden ditetapkan sebesar 0,20 mengacu pada New York City Plumbing Code (2022), yang mencantumkan nilai koefisien limpasan sebesar 0,20 untuk rain gardens, vegetated swales and other surface green infrastructure practices. Nilai tersebut dipilih karena rain garden merupakan infrastruktur hijau yang dirancang untuk meningkatkan infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan dibandingkan kondisi taman eksisting.

Maka :

$$\begin{aligned}
 C_{\text{gabungan}} &= \frac{(0,85 \times 85) + (0,25 \times 23) + (0,20 \times 2)}{110} \\
 &= \frac{(72,25) + (5,75) + (0,4)}{110} \\
 &= 0,7127
 \end{aligned}$$

Nilai koefisien limpasan gabungan setelah penerapan rain garden adalah $C = 0,712$ ($\approx 0,71$). Nilai ini sedikit lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting ($C = 0,713$), karena sebagian kecil area taman (2 m^2 dari total 110 m^2) telah difungsikan sebagai rain garden dengan koefisien limpasan yang lebih rendah.

Lampiran C.8 Perhitungan Debit Puncak Limpasan Setelah Penerapan Rain Garden

Debit puncak limpasan setelah penerapan rain garden dihitung menggunakan Metode Rasional dengan cara dan parameter yang sama seperti perhitungan kondisi eksisting pada Lampiran C.6. Waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas hujan (I) tidak berubah, karena panjang lintasan aliran (L) dan kemiringan (S) menuju rain garden tidak berubah akibat penerapan rain garden, sehingga nilai $t_c = 0,772$ dan intensitas hujan $I_2 = 46,140 \text{ mm/jam}$, $I_5 = 47,42 \text{ mm/jam}$, serta $I_{10} = 78,093 \text{ mm/jam}$ (Lampiran C.5) tetap digunakan. Perbedaan hanya terletak pada nilai koefisien limpasan gabungan (C), yaitu dari $0,713$ (eksisting) menjadi $0,712$ (setelah rain garden).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q_2 = 0,278 \times 0,712 \times 46,140 \times 0,00011$$

$$= 0,0010 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,712 \times 65,46 \times 0,00011$$

$$= 0,0014 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{10} = 0,278 \times 0,712 \times 78,093 \times 0,00011$$

$$= 0,0017 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Rekapitulasi debit puncak limpasan setelah penerapan rain garden:

T (Periode Ulang)	Q (m^3 /detik)
2	0,001004
5	0,001425
10	0,001700

Lampiran C.9 Perbandingan Debit dan Persentase Reduksi Limpasan

Perbandingan dilakukan antara debit puncak kondisi eksisting dan setelah

penerapan rain garden untuk mengetahui besarnya reduksi limpasan permukaan. Agar perbandingan konsisten, nilai C gabungan kondisi eksisting digunakan tanpa pembulatan ($C = 0,713$, bukan $0,71$ seperti pada Lampiran C.6) sehingga Q eksisting yang ditampilkan di sini sedikit berbeda dari Lampiran C.6, namun besaran reduksi yang dihasilkan tetap valid.

$$\text{Reduksi (\%)} = \frac{C_{\text{sebelum}} - C_{\text{sesudah}}}{C_{\text{sebelum}}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi (\%)} &= \frac{0,7136 - 0,7127}{0,7136} \times 100\% \\ &= 0,127\% \end{aligned}$$

Jadi reduksi debit puncak limpasan:

$$= 0,13\%$$

T (tahun)	Q eksisting (m ³ /detik)	Q setelah RG (m ³ /detik)	Reduksi (%)
2	0,001006	0,001004	0,13%
5	0,001428	0,001425	0,13%
10	0,001704	0,001700	0,13%

Berdasarkan hasil perhitungan Metode Rasional, penerapan rain garden menghasilkan reduksi debit puncak limpasan sebesar $\approx 0,13\%$ untuk seluruh kala ulang (2, 5, dan 10 tahun). Reduksi ini relatif kecil karena luas rain garden yang dapat dibangun hanya 1×2 m (2 m^2) dari total luas daerah tangkapan 110 m^2 , akibat keterbatasan lahan oleh akar pohon di sekitar taman. Dengan proporsi luas yang sangat kecil terhadap daerah tangkapan, pendekatan Metode Rasional yang berbasis koefisien limpasan gabungan (luas-tertimbang) kurang sensitif untuk menunjukkan pengaruh rain garden terhadap debit puncak. Oleh karena itu, efektivitas rain garden pada penelitian ini lebih tepat dievaluasi melalui hasil uji infiltrasi/perkolasi lapangan (perbandingan laju resapan sebelum dan sesudah penerapan rain garden), yang secara langsung mengukur kemampuan resapan air pada titik rain garden itu sendiri, dibandingkan hanya mengandalkan reduksi debit puncak Metode Rasional pada skala daerah tangkapan.

Lampiran C.10 Data dan Hasil Uji Infiltrasi/Perkolasi Lapangan Rain Garden

Tabel Data Uji Infiltrasi Sebelum Konstruksi Rain Garden

No	Waktu (menit)	Tinggi Air (cm)	Penurunan Muka Air (cm)	Infiltrasi Kumulatif (cm)	Laju Infiltrasi (cm/menit)	Laju Infiltrasi (cm/jam)
1	0	10	-	0,00	-	-
2	1	9,8	0,20	0,20	0,20	12,00
3	2	9,4	0,40	0,60	0,40	24,00
4	3	8,9	0,50	1,10	0,50	30,00
5	4	8,5	0,40	1,50	0,40	24,00
6	5	8	0,50	2,00	0,50	30,00
7	6	7,4	0,60	2,60	0,60	36,00
8	7	6,9	0,50	3,10	0,50	30,00
9	8	6,3	0,60	3,70	0,60	36,00
10	9	5,9	0,40	4,10	0,40	24,00
11	10	5,5	0,40	4,50	0,40	24,00
12	11	5	0,50	5,00	0,50	30,00
13	12	4,5	0,50	5,50	0,50	30,00
14	13	4	0,50	6,00	0,50	30,00
15	14	3,7	0,30	6,30	0,30	18,00
16	15	3,5	0,20	6,50	0,20	12,00
17	16	3,3	0,20	6,70	0,20	12,00
18	17	2,9	0,40	7,10	0,40	24,00
19	18	2,7	0,20	7,30	0,20	12,00
Laju infiltrasi konstan (fc) — rata-rata 3 pembacaan terakhir					0,27	16,00
Total penurunan & durasi uji					7,30 cm	18 menit
Rata-rata laju infiltrasi selama uji (cm/menit)					0,41	

Tabel Data Uji Infiltrasi Sesudah Konstruksi Rain Garden

No	Waktu (menit)	Tinggi Air (cm)	Penurunan Muka Air (cm)	Infiltrasi Kumulatif (cm)	Laju Infiltrasi (cm/menit)	Laju Infiltrasi (cm/jam)
1	0	4	-	0,00	-	-
2	1	3,2	0,80	0,80	0,80	48,00
3	2	2,7	0,50	1,30	0,50	30,00
4	3	1,5	1,20	2,50	1,20	72,00
Laju infiltrasi konstan (fc) — rata-rata pembacaan terakhir yang tersedia*					0,83	50,00
Total penurunan & durasi uji					2,50 cm	3 menit
Rata-rata laju infiltrasi selama uji (cm/menit)					0,83	

Tabel Ringkasan Perbandingan Laju Infiltrasi Sebelum vs Sesudah Rain Garden

Parameter	Sebelum	Sesudah	Selisih	Peningkatan (%)
Laju infiltrasi konstan, f_c (cm/menit)	0,27	0,83	0,57	212,5%
Laju infiltrasi konstan, f_c (cm/jam)	16,00	50,00	34,00	212,5%
Rata-rata laju infiltrasi selama uji (cm/menit)	0,41	0,83	0,43	105,5%

Perbedaan tinggi air pada setiap pengujian disebabkan oleh kondisi dan tahapan pengujian lapangan yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan tinggi air yang tidak sama untuk mengamati proses peresapan air pada kondisi rain garden. Hasil uji infiltrasi ini tidak dimasukkan secara langsung ke dalam perhitungan debit puncak karena Metode Rasional menggunakan parameter koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A). Selain itu, hasil uji lapangan menunjukkan persentase perubahan tinggi air yang cukup besar karena volume air yang digunakan pada pengujian relatif kecil dan waktu peresapannya singkat, sehingga hasil tersebut lebih tepat digunakan sebagai data pendukung kemampuan infiltrasi rain garden, bukan sebagai dasar penentuan nilai C .

RESUME SEMINAR TUGAS AKHIR

Penguji I : Akmal, ST., M.Eng., IPM

NO.	PERTANYAAN	JAWABAN
1.	Bagai mana proses pembuatan rain garden ?	Pembuatan rain garden saya kerjakan selama 2 hari. Hari pertama saya mulai dari menentukan dan menandai lokasi, lalu menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Setelah itu saya menggali tanah sekitar 30 cm dan membuat cekungan untuk rain garden. Kemudian saya susun pasir kasar dan media tanam sesuai ketebalan yang sudah ditentukan. Hari kedua saya lanjutkan dengan menanam vetiver dan heliconia, lalu terakhir saya kasih mulsa di bagian atas.
2.	Kenapa menggali 30 cm ? boleh gali selain 30 cm ?	Saya memilih kedalaman 30 cm karena kedalaman tersebut masih cukup untuk menampung air sementara dan menempatkan media tanam. Sebenarnya kedalamannya bisa disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Dalam penelitian saya, ukurannya 1 × 2 m dan di sekitar taman ada akar pohon, jadi saya pilih 30 cm supaya tampungannya tetap cukup tanpa terlalu mengganggu akar yang ada.

3.	Kenapa di hamparkan pasir ?	Pasir kasar (coarse sand) di dasar galian berfungsi sebagai lapisan drainase yang mempercepat pergerakan air dari media tanam menuju tanah asli di bawahnya, sehingga infiltrasi berlangsung lebih efektif dan air tidak menggenang terlalu lama.
4.	Masukkan gambar rain garden pada bab 3	Sudah ditambah sesuai arahan pada halaman 26
5.	Apa fungsi dari plastik pada inlet ?	Mengarahkan aliran air dari talang rumah menuju rain garden agar tidak menyebar ke area sekitar sebelum masuk ke saluran inlet yang dilapisi kerikil.
6.	Apa yg kamu ukur pada saat hujan ?	Pengamatan visual kinerja rain garden saat hujan berlangsung — apakah air tergenang di ponding zone, ada limpasan berlebih (overflow), dan seberapa cepat air meresap.
7.	Apa yg kamu ukur sebelum rain garden ?	Sebelum rain garden, saya mengukur kondisi awal di lokasi, seperti luas atap dan luas taman yang menjadi daerah tangkapan, panjang lintasan dan kemiringan aliran, serta kondisi tutupan lahannya untuk menentukan nilai koefisien limpasan. Selain itu, saya juga melakukan uji infiltrasi tanah sebelum rain garden, dengan

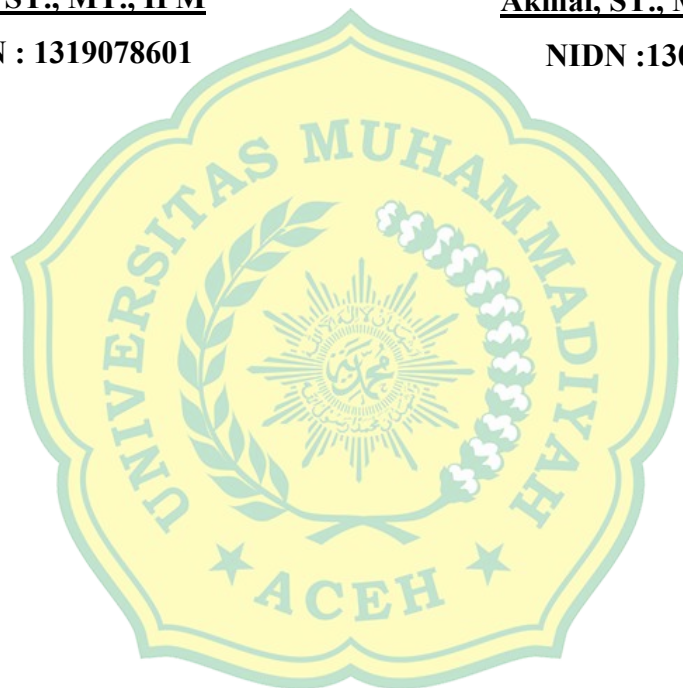
		hasil laju infiltrasi konstan sekitar 0,27 cm/menit atau sekitar 16 cm/jam.
--	--	--

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Menyetujui,
Dosen Penguji I

Yulia, ST., MT., IPM
NIDN : 1319078601

Akmal, ST., M.Eng., IPM
NIDN :1308068301



RESUME SEMINAR TUGAS AKHIR

Penguji II : Ir. Munawir, ST., MT, IPM, ASEAN Eng

NO.	PERTANYAAN	JAWABAN
1.	Cover pada judul dibuat bentuk perahu	Sudah diperbaiki sesuai arahan pada laporan
2.	Di abstrak, baris pertama dibuat menjorok 7 ketukan (di-tab).	Sudah ditambah sesuai arahan pada halaman vi
3.	Abstraknya jangan terlalu panjang, cukup jelaskan secara umum dan hasil penelitiannya juga dijelaskan.	Sudah ditambah sesuai arahan pada halaman vi
4.	Di abstrak tambahkan kesimpulan, terus cek juga jumlah katanya.	Sudah ditambah sesuai arahan pada halaman vi
5.	Tabel di halaman 7 disesuaikan lagi dengan panduan	Sudah ditambah sesuai arahan pada halaman 7 dan 8
6.	Di bagian rumus jangan pakai kata “keterangan”, diganti dengan “dimana”.	Sudah diperbaiki sesuai arahan pada laporan
7.	Penulisan di Bab 3 diperbaiki lagi karena jaraknya masih terlalu renggang.	Sudah diperbaiki sesuai arahan pada laporan
8.	Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menggali rain garden ?	Pekerjaan <i>rain garden</i> memerlukan waktu 2 hari, mencakup persiapan lahan, pengaturan media tanam, penanaman, hingga penataan akhir agar sistem berfungsi dengan baik.
9.	Kenapa nilai C atap lebih besar daripada C tanah?	Atap merupakan permukaan kedap air sehingga hampir seluruh air hujan

		langsung menjadi limpasan ($C = 0,85$). Sedangkan taman memiliki vegetasi yang mampu menyerap air ke dalam tanah, sehingga limpasan airnya jauh lebih kecil ($C = 0,25$).
10.	Bagai mana cara menghitung runoff ?	Runoff saya hitung dengan Metode Rasional. Pertama saya tentukan luas daerah tangkapan dan koefisien limpasan berdasarkan kondisi lahan, kemudian saya tentukan intensitas hujan dari hasil analisis curah hujan. Setelah itu ketiga nilai tersebut saya masukkan ke rumus $Q = 0,278 \times C \times I \times A$, sehingga diperoleh debit puncak limpasan dalam $m^3/detik$.
11.	Berapa nilai infiltrasi sebelum dibuat rain garden?	Laju infiltrasi konstan (f_c) tercatat sebesar $0,27 \text{ cm/menit}$ (setara $16,00 \text{ cm/jam}$), dengan nilai rata-rata selama pengujian sebesar $0,41 \text{ cm/menit}$.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Menyetujui,
Dosen Penguji II

Yulia, ST., MT., IPM
NIDN : 1319078601

Ir. Munawir, ST., MT, IPM, ASEAN Eng
NIDN :0129068303