

SUMUR RESAPAN POROUS BETON

by turnitin turnitin

Submission date: 05-Mar-2024 08:20AM (UTC+0700)

Submission ID: 2311875355

File name: Sumur_Resapan_Porous_Beton_Precast_sebagai_Pengendali_Banjir.pdf (1.45M)

Word count: 10562

Character count: 53423



SUMUR RESAPAN

POROUS BETON PRECAST

SEBAGAI PENGENDALI BANJIR



Saiful Arfaah, S.T., M.T.
Ir. Fathur Rahman Rustan, S.T., M.T., IPM.

SUMUR RESAPAN

POROUS BETON PRECAST
SEBAGAI PENGENDALI BANJIR

Banjir merupakan masalah yang sering kita hadapi dalam kehidupan sehari-hari. Dampak banjir akan sangat merugikan bagi aktifitas masyarakat, terutama jika terjadi pada ruas jalan sebagai prasarana transportasi. Dalam buku ini dikupas secara rinci bagaimana menghasilkan dimensi sumur resapan sebagai salah satu alternatif penanggulangan banjir. Dasar teori yang digunakan dalam penulisan bersumber dari beberapa referensi yang umum digunakan dalam praktik di lapangan. Analisa yang meliputi analisa intensitas hujan, analisa debit rencana dan analisa sumur resapan disajikan secara ringkas dan mudah dipahami.



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-487-516-4



9 786234 875164

SUMUR RESAPAN POROUS BETON PRECAST SEBAGAI PENGENDALI BANJIR

Saiful Arfaah, S.T., M.T.

Ir. Fathur Rahman Rustan, S.T., M.T., IPM.



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**SUMUR RESAPAN POROUS BETON PRECAST SEBAGAI
PENGENDALI BANJIR**

Penulis : Saiful Arfaah, S.T., M.T.
Ir. Fathur Rahman Rustan, S.T., M.T., IPM.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Ahmad Yusuf Efendi, S.Pd.

5
ISBN : 978-623-487-516-4

Diterbitkan oleh : EUREKA MEDIA AKSARA, DESEMBER 2022
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahman⁴¹him,

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan, kekuatan, dan kesabaran sehingga buku ini akhirnya dapat diselesaikan⁴⁴. Penulis tak lupa juga mengucapkan terimakasih atas keikhlasan semua pihak yang telah membantu penulisan buku ini.

Buku ini diperuntukkan bagi para mahasiswa dan khalayak umum sebagai referensi dalam hal penanggulangan banjir terutama yang menggunakan sumur resapan sebagai alternatif solusi.²¹

Tiada gading yang tak retak, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan buku ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi perbaikan di masa mendatang. Akhirnya, semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jombang, 28 November 2022

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk	1
B. Banjir.....	2
C. Tujuan.....	5
BAB 2 PRESIPITASI, DAS DAN TATA GUNA LAHAN.....	6
A. Presipitasi	6
B. Alat Penakar Hujan.....	8
C. Daerah Aliran Sungai (DAS	9
D. Tata Guna Lahan	11
E. Limpasan Permukaan	12
BAB 3 METODE PENENTUAN CURAH HUJAN DENGAN	
 KALA ULANG	14
A. Curah Hujan Wilayah	14
B. Distribusi Frekuensi	15
BAB 4 INTENSITAS HUJAN DAN DEBIT RENCANA	35
A. Intensitas Curah Hujan.....	35
B. Waktu Konsentrasi Hujan.....	36
C. Koefisien Pengaliran	36
D. Debit Banjir Rencana	42
BAB 5 SUMUR RESAPAN	44
A. Sumur Resapan.....	44
B. Sumur Resapan Porous Beton Precast.....	45
C. Volume Sumur Resapan	46
DAFTAR PUSTAKA.....	51
TENTANG PENULIS.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem hidrologi.....	7
Gambar 2. 2 DAS sebagai sistem hidrologi[3]	7
Gambar 2. 3 Alat ukur hujan otomatis[3]	8
Gambar 2. 4 Contoh pencatatan pengamatan hujan harian.....	9
Gambar 2. 5 Daerah Aliran Sungai (<i>watershed</i>).....	9
Gambar 2. 6 Bebtuk-bentuk Daerah Aliran Sungai (<i>watershed</i>)	10
Gambar 2. 7 Skema Limpasan.....	13
Gambar 4. 1 Kurva IDF SH Kedung Gabus.....	39
Gambar 4. 2 Kurva IDF SH Denanyar.....	40
Gambar 4. 3 Kurva IDF SH Jombang Baru	41
Gambar 5. 1 Prinsip kerja sumur resapan.....	44
Gambar 5. 2 Sumur resapan beton precast	46
Gambar 5. 3 Potongan Melintang Pemasangan Sumur Resapan Porous Beton Precast	48
Gambar 5. 4 Potongan Melintang dan Tampak Atas Sumur Resapan Porous Beton Precast	49
Gambar 5. 5 Perspektif Sumur Resapan Porous Beton Precast.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Faktor Untuk Menentukan Metode Penghitungan Curah Hujan Wilayah	14
Tabel 3. 2	Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III	18
Tabel 3. 3	Nilai Δ kritik.....	21
Tabel 3. 4	Data Curah Hujan.....	22
Tabel 3. 5	Perhitungan Besar Statistik SH Kedung Gambus	23
Tabel 3. 6	Penentuan Jenis Distribusi Yang Digunakan Pada SH Kedung Gambus	24
Tabel 3. 7	Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Kedung Gambus.....	24
Tabel 3. 8	Perhitungan Curah Hujan degan Periode Ulang T Pada SH Kedung.....	26
Tabel 3. 9	Perhitungan χ^2 Pada SH Kedung Gambus.....	26
Tabel 3. 10	Perhitungan Besar Statistik SH Denanyar	27
Tabel 3. 11	Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Denanyar	28
Tabel 3. 12	Perhitungan Curah Hujan dengan Periode Ulang T Pada SH Denanyar.....	29
Tabel 3. 13	Perhitungan χ^2 Pada SH Denanyar.....	30
Tabel 3. 14	Perhitungan Besar Statistik SH Jombang Baru.....	31
Tabel 3. 15	Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Jombang Baru.....	32
Tabel 3. 16	Perhitungan Curah Hujan dengan Periode Ulang T Pada SH Jombang Baru	33
Tabel 3. 17	Perhitungan χ^2 Pada SH Jombang Baru	34
Tabel 4. 1	Nilai Koefisien Pengaliran	37
Tabel 4. 2	Intensitas hujan pada SH Kedung Gabus.....	38
Tabel 4. 3	Intensitas hujan pada SH Denanyar.....	40
Tabel 4. 4	Intensitas hujan pada SH Jombang Baru	41
Tabel 4. 5	Intensitas Hujan Rata-Rata	42

BAB

1

PENDAHULUAN

A. Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, kawasan industri/jasa dan fasilitas pendukungnya, yang selanjutnya mengubah lahan terbuka dan/atau lahan basah menjadi lahan terbangun. Perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat sering tidak terkendali dan tidak sesuai lagi dengan tata ruang maupun konsep pembangunan yang berkelanjutan, mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara (*retarding pond*) dan bantaran sungai berubah menjadi tempat 16 nian penduduk. Hal tersebut diatas membawa dampak pada rendahnya kemampuan drainase dan kapasitas sarana serta prasarana pengendali banjir (sungai, kolam tampungan, pompa banjir, pintu pengatur) untuk mengeringkan kawasan terbangun dan mengalirkan air ke pembuangan akhirnya yaitu ke laut.

Limpasan permukaan terjadi secara alamiah dikarenakan sebagian air hujan yang jatuh 6 ke permukaan tanah tidak meresap ke dalam tanah. Karakteristik daerah yang berpengaruh terhadap bagian air hujan antara lain adalah topografi, jenis tanah, dan penggunaan lahan atau penutup lahan. Hal ini berarti bahwa karakteristik lingkungan fisik mempunyai pengaruh terhadap 15 espon hidrologi. Pengembangan permukiman yang pesat mengakibatkan makin

berkurangnya daerah resapan air hujan, karena meningkatnya luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan dan mengakibatkan waktu berkumpulnya air jauh lebih pendek, sehingga akumulasi air hujan yang terkumpul melampaui kapasitas drainase yang ada.

Sebagai contoh, kondisi ini terjadi Desa Denanyar tepatnya di Jl. Prof. Dr. Nurcholish Madjid Kabupaten Jombang jika musim penghujan tiba dan curah hujan tinggi sering kali terjadi banjir. Selain karena curah hujan yang tinggi banjir juga disebabkan karena drainase yang ada tidak dapat menampung debit air yang tinggi, hal ini terjadi karena keadaan topografi di daerah Jl. Prof. Dr. Nurcholish Madjid tergolong landai yang akhirnya menjadi tempat berkumpulnya air hujan dari daerah dengan keadaan topografi yang lebih tinggi disekitarnya.

Banjir cukup mengganggu baik dari pengguna jalan maupun masyarakat setempat yang terdampak. Bagi masyarakat setempat dampak negatif yang dirasakan adalah kerugian ekonomi yang seperti kerusakan barang-barang yang ada dan kerusakan bangunan rumah selain kerugian ekonomi dampak negatif lainnya adalah masalah kesehatan seperti penyakit diare, dll. Bagi pengguna jalan ketika genangan airnya tinggi dapat membuat kendaraan mogok dan terjadi kecelakaan.

13

B. Banjir

Banjir adalah peristiwa tergenang dan terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat. Banjir dapat terjadi karena peluapan air yang berlebihan di suatu tempat akibat hujan besar, peluapan air sungai, atau pecahnya bendung. Banjir berpotensi menjadi bencana jika mengancam atau mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat serta mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis.

Sebab-sebab alami banjir antara lain[1]:

1. Curah hujan

Oleh karena beriklim tropis, Indonesia mempunyai dua musim sepanjang tahun, yakni musim penghujan umumnya terjadi antara bulan Oktober - Maret dan musim kemarau terjadi antara bulan April - September. Pada musim hujan, curah hujan yang tinggi berakibat banjir di sungai dan bila melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan.

2. Pengaruh fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan daerah aliran sungai (DAS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dan lain-lain merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

3. Erosi dan sedimentasi

Erosi di DAS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai. Erosi menjadi problem klasik sungai-sungai di Indonesia. Besarnya sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran sehingga timbul genangan dan banjir di sungai. Sedimentasi juga merupakan masalah besar pada sungai-sungai di Indonesia. Menurut Rahim (2000), erosi tanah longsor (*land-slide*) dan erosi pinggir sungai (*stream bank erosion*) memberikan sumbangan sangat besar terhadap sedimentasi di sungai-sungai, bendungan dan akhirnya ke laut.

4. Kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan. Sedimentasi sungai terjadi karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat.

5. Kapasitas drainase yang tidak memadai

Sebagian besar kota-kota di Indonesia mempunyai drainase daerah genangan yang tidak memadai, sehingga kota-kota tersebut sering menjadi langganan banjir di musim hujan.

6. Pengaruh air pasang

Air pasang laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*). Fenomena genangan air pasang (*Rob*) juga rentan terjadi di daerah pesisir sepanjang tahun baik di musim hujan dan maupun di musim kemarau.

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan pendekatan struktur dan non-struktur[1]. Pendekatan struktur dapat dilakukan dengan cara :

1. Bangunan pengendali banjir (bendungan, kolam retensi, *checkdam*, bangunan pengurang kemiringan sungai, polder dan sumur resapan).
2. Perbaikan dan pengaturan sistem sungai yang antara lain :
 - a. Sistem jaringan sungai.
 - b. Perbaikan sungai (pelebaran dan pengerukan sungai).
 - c. Perlindungan tanggul.
 - d. Sudetan.
 - e. Pengendalian sedimen.
 - f. Perbaikan muara.

Pendekatan non-struktur dapat dilakukan dengan cara :

1. Pengelolaan DAS.
2. Pengaturan tata guna lahan.
3. Pengaturan daerah banjir.
4. Peringatan bahaya banjir.
5. Pengendalian erosi.

C. Tujuan

Buku ini dimaksudkan untuk membahas hal-hal sebagai berikut:

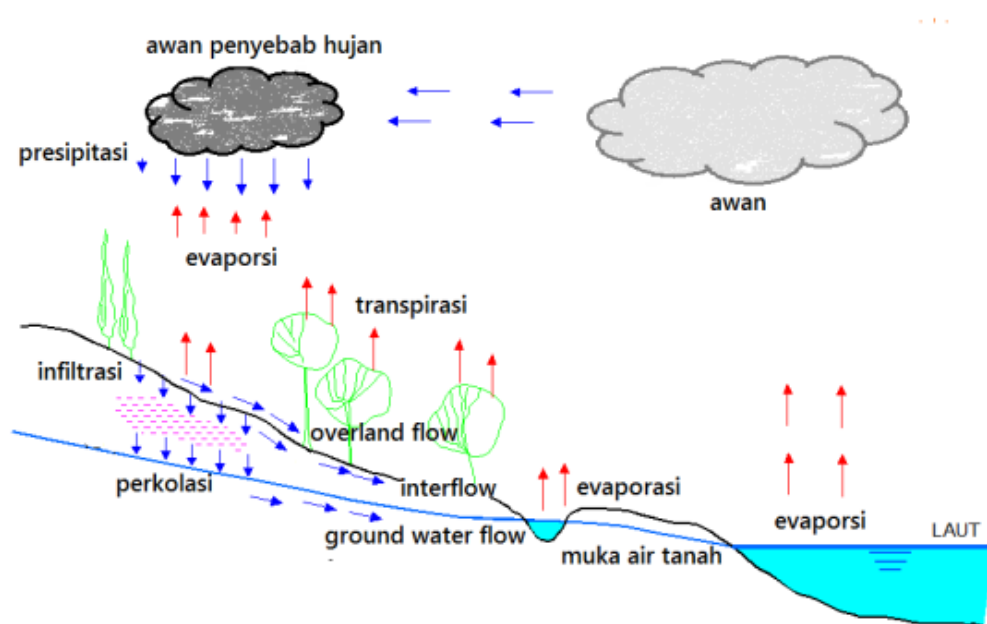
1. Mengetahui penggunaan praktis teori-teori hidrologi dalam perencanaan sumur resapan.
2. Mengetahui kedalaman total sumur resapan yang dibutuhkan untuk mengendalikan banjir.
3. Mengetahui jumlah sumur resapan yang dibutuhkan untuk mengendalikan banjir.

BAB 2 | PRESIPITASI, DAS DAN TATA GUNA LAHAN

A. Presipitasi

Presipitasi merupakan produk dari kondensasi. Presipitasi dapat terjadi karena adanya pendinginan dan penambahan uap air, sehingga air yang membentuk awan mencapai titik jenuh. Semakin banyak uap air yang terbentuk di atmosfer, maka tetesan air yang ada di awan akan semakin banyak dan semakin berat. Ketika awan tidak mampu menampung banyaknya air yang terbentuk, maka air tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk hujan.

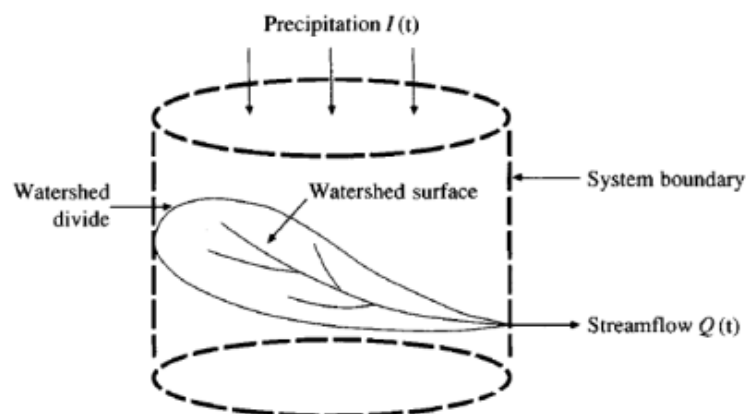
Hujan merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan bangunan air, seperti saluran irigasi, bendung, waduk, dan lain sebagainya. Dalam sistem hidrologi, uap yang terkondensasi dan jatuh ke tanah yang merupakan bagian dari siklus hidrologi secara umum disebut dengan presipitasi. Dikenal beberapa jenis presipitasi yang meliputi; 1) hujan, 2) Hujan es, 3) Hujan beku, 4) salju. Dari beberapa jenis presipitasi tersebut, untuk Indonesia tidak dikenal jenis presipitasi selain hujan. Sumber hampir semua curahan hujan adalah lautan. Penguapan berlangsung dari lautan dan uap air terserap dalam arus udara yang bergerak melewati permukaan laut. Udara yang bermuatan kelengasan tetap terus menyerap uap air itu hingga ia mendingin sampai di bawah suhu titik embun pada waktu uap itu tecurah sebagai hujan[2]



Gambar 2. 1 Sistem hidrologi

Gambar 2.1. memberi memperlihatkan bahwa jika dilakukan penyederhanaan, maka ada tiga komponen penting dalam sistem hidrologi yaitu:

1. Curah hujan, merupakan input yang didistribusikan dalam ruang di atas bidang.
2. Daerah aliran sungai (DAS), merupakan bidang yang dibatasi oleh punggung bukit yang di dalamnya terdapat kumpulan jalur aliran (sungai dan anak sungai) yang pada akhirnya menyatu menjadi aliran sungai di *outlet* DAS.
3. Output merupakan *surface run off*.

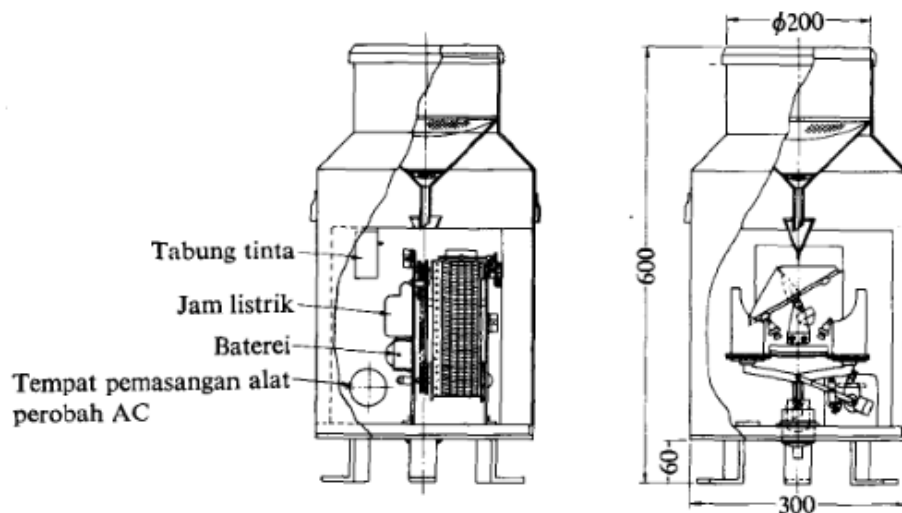


Gambar 2. 2 DAS sebagai sistem hidrologi[3]

B. Alat Penakar Hujan

Untuk keperluan perencanaan bangunan air diperlukan data awal yang bersumber dari pengamatan curah hujan. Pengamatan curah hujan dilakukan dengan menempatkan alat penakar hujan pada beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan. Dikenal dua jenis alat penakar hujan yang sering dipakai untuk keperluan data hujan yaitu:

1. Jenis biasa (non otomatis), penempatan alat ini mensyaratkan tidak boleh terganggu oleh lingkungan sekitar, misalnya keberadaan pohon-pohon dan gedung-gedung.
2. Jenis otomatis, alat ini dilengkapi dengan pencatat otomatis pada kertas pencatat yang dihasilkan oleh gerak pelampung di dalam silinder penampung akibat air hujan yang masuk.



Gambar 2. 3 Alat ukur hujan otomatis[3]

Jika dipakai alat penakar hujan biasa, pengamatan di lapangan dilakukan setiap hari biasanya di pagi hari. Hasil dari pengamatan dicatat sebagai tinggi hujan pada hari sebelumnya. Pengamatan data hujan menghasilkan suatu rangkaian data yang terdiri dari tanggal, bulan, tahun dan tinggi hujan (mm). Contoh dari hasil pencatatan data hujan seperti pada gambar 2.4.

34

DATA HUJAN TAHUNAN TH. 2021

NAMA STASIUN

:

PADA DAS

:

KECAMATAN

:

KABUPATEN

:

ELEVASI

:

NOMOR PETA

:

KOORDINAT

:

Tanggal	Jan	Feb	Mars	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Ok	Nov	Des
1	-	-	-	68	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
4	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	12	45
5	-	4	57	-	-	-	-	-	-	-	-	63
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
31	15	-	38	-	-	-	-	-	-	32	-	-
Total	326	408	290	221	208	-	-	-	56	205	82	233
Hari Hujan	10	11	8	8	5	-	-	-	1	7	5	7
Hujan Max	83	85	74	68	67	-	-	-	-	-	29	63
Total Setahun	2.029											

Gambar 2. 4 Contoh pencatatan pengamatan hujan harian

1

C. Daerah Aliran Sungai (DAS)

30

Daerah aliran sungai (*watershed*) dalam luasan kecil disebut dengan *catchment area* merupakan suatu wilayah di daratan yang dibatasi oleh punggung-punggungan bukit dan menerima/menangkap hujan yang jatuh. Hujan yang jatuh di DAS akan dilairkan melalui sungai-sungai kecil menuju sungai utama seperti diperlihatkan pada gambar 2.5

The diagram illustrates a watershed (Daerah Aliran Sungai) as a blue-shaded irregular area. Inside, a network of rivers is shown: brown lines for first-level tributaries, red lines for second-level tributaries, and blue lines for third-level tributaries. These all converge into a single black line representing the main river (Sungai utama), which exits the watershed to the right, labeled 'Luaran/Outout'. A dashed blue line outlines the watershed's boundary (Batas DAS). A legend at the bottom identifies these elements: brown line for 'Anak sungai tingkat 1', red line for 'Anak sungai tingkat 2', blue line for 'Anak sungai tingkat 3', black line for 'Sungai utama', dashed blue line for 'Batas DAS', and the blue shaded area for 'DAS'.

Gambar 2. 5 Daerah Aliran Sungai (*watershed*)

9

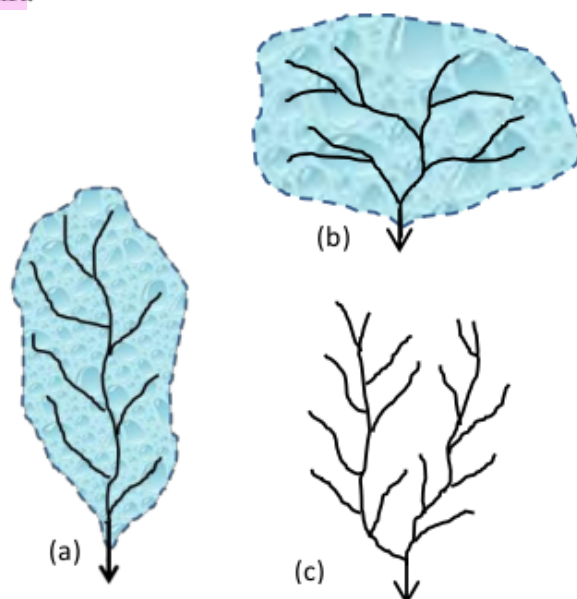
Informasi tentang karakteristik DAS harus dihitung atau diteliti dalam menentukan besar keluaran di sungai utama yang berupa volume aliran per satuan waktu. Karakteristik DAS tersebut yaitu:

1. Luas DAS
2. Tata guna lahan (*landuse*)

Umumnya suatu DAS merupakan wilayah hutan yang ditumbuhi aneka ragam pohon. DAS yang ditumbuhi pepohonan lebat akan memberikan kontribusi luaran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kondisi hutan yang sebaliknya. Hal ini dikarenakan infiltrasi yang besar pada hutan lebat. Lain halnya jika sebagian hutan telah beralih fungsi menjadi kawasan pemukiman, kawasan industri dan lain sebagainya. Kondisi ini akan memperkecil tingkat infiltrasi sehingga hujan yang turun akan masuk menuju anak sungai yang pada akhirnya mengalir ke sungai utama.

3. Kondisi topografi DAS

Bentuk DAS akan² berpengaruh kepada waktu konsentrasi aliran, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.



Gambar 2. 6 Bebtuk-bentuk Daerah Aliran Sungai (*watershed*)

a. Bentuk DAS bulu burung

Aliran dari anak sungai-anak sungai langsung menuju sungai utama, tidak terkonsentrasi pada satu titik. Kondisi ini menyebabkan aliran dari anak sungai-anak sungai yang masuk ke sungai utama tidak bersamaan sehingga debit yang terjadi relatif kecil tetapi berlangsung dalam waktu yang lama.

b. Bentuk DAS radial

Aliran dari anak sungai-anak sungai tidak langsung menuju sungai utama, tetapi terkonsentrasi pada satu titik kemudian menuju sungai utama. Kondisi ini menyebabkan banjir besar akan terjadi titik pertemuan anak sungai-anak sungai. Aliran sungai menyebar dan anak-anak sungainya mengonsentrasi ke suatu titik secara radial, sehingga apabila terjadi banjir setelah hujan akan merata di seluruh permukaan DAS

c. Bentuk DAS radial

Dua jalur aliran sungai dengan posisi sejajar dan bertemu di sungai utama. Banjir besar akan terjadi di titik pertemuan tersebut.

Gradien DAS idektik dengan gradien sungai dalam batas DAS tersebut. Gradien DAS akan mempengaruhi waktu mengalirnya aliran permukaan, waktu konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung terhadap debit banjir[4]

22

D. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan adalah sebuah aturan atau perencanaan untuk mengatur fungsi lahan secara rasional agar tercipta keteraturan. Secara keseluruhan perkembangan dan perubahan pola tata guna lahan pada kawasan permukiman dan perkotaan berjalan dan berkembang secara dinamis dan natural terhadap alam, dan dipengaruhi oleh sebagai berikut[5]:

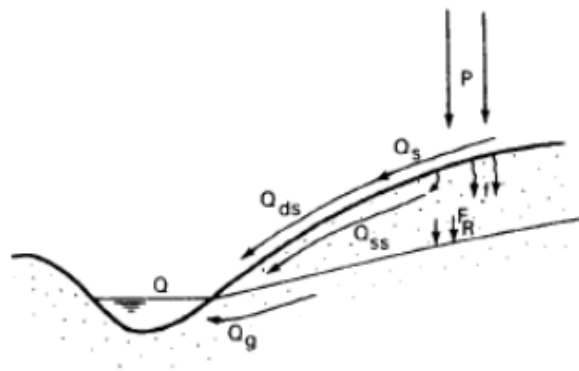
1. Faktor manusia, yang terdiri dari: kebutuhan manusia akan tempat tinggal, potensi manusia, finansial, sosial budaya, serta teknologi.

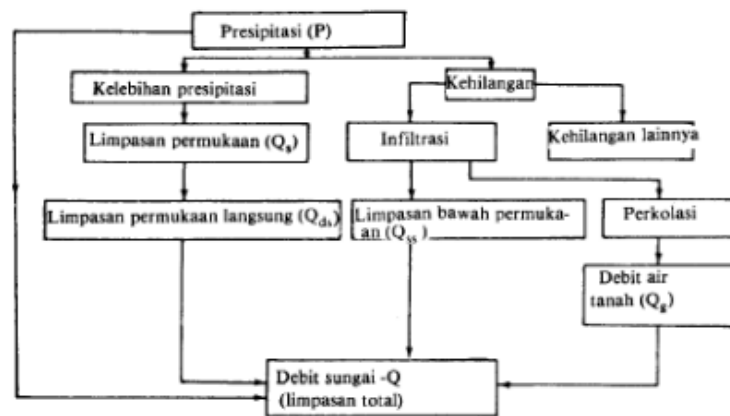
2. Faktor fisik kota, meliputi pusat kegiatan sebagai pusat-pusat pertumbuhan kota dan jaringan transportasi sebagai aksesibilitas kemudahan pencapaian.
3. Faktor bentang alam yang berupa kemiringan lereng dan ketinggian lahan.

Salah satu dampak dari perubahan tata guna lahan ini adalah meningkat²⁸ aliran permukaan langsung sekaligus menurunnya air yang meresap ke dalam tanah. Akibat selanjutnya distribusi air yang semakin menimpang antara musim kemarau dan musim hujan dapat menyebabkan kekeringan dimana-mana. Kota-kota yang di Indonesia belakangan ini telah mengalami banyak hal yang berlawanan, misalnya saat musim kemarau ketersediaan air tanah sangat bekurang dan mengalami penurunan daya serap air.

E. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan atau aliran permukaan merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Limpasan terjadi akibat⁶ intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi, saat laju infiltrasi terpenuhi maka air akan mengisi cekungan yang terdapat pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut terisi air dan penuh, maka air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (*surface runoff*). Air limpasan dibedakan menjadi dua yaitu *sheet* dan *rill surface runoff* akan tetapi apabila aliran air tersebut telah masuk ke dalam sistem saluran air atau kali, maka disebut *stream flow runoff*[6]. Skema limpasan seperti pada gambar 2.2.





Gambar 2. 7 Skema Limpasan

Memperhitungkan limpasan permukaan harus memperhatikan dua faktor penting yaitu; volume limpasan dan agihan waktu limpasan. Faktor-faktor yang mempengaruhi keduanya adalah[7]:

1. Volume limpasan tergantung pada:
 - a. Faktor iklim berupa banyaknya presipitasi dan evapotranspirasi.
 - b. Faktor DAS, ukuran DAS dan tinggi tempat rata-rata DAS.
2. Agihan waktu limpasan dipengaruhi oleh:
 - a. Faktor-faktor metereologis
 - b. Faktor-faktor DAS berupa topografi, geologi, tipe tanah, vegetasi, dan jaringan drainase.
 - c. Faktor-faktor manusia yaitu striktur hidrolik, teknik pertanian, dan urbanisasi.

BAB

3

METODE PENENTUAN
CURAH HUJAN
DENGAN KALA ULANG

17

A. Curah Hujan Wilayah

40

Data curah hujan didapat dari alat penakar hujan yang merupakan hujan yang terjadi di suatu titik saja (*point rainfall*). Untuk menggambarkan tinggi hujan di suatu wiayah maka dipasang beberapa alat penakar hujan yang akan di analisa menjadi besaran curah hujan untuk wilayah tersebut. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah yang dinyatakan dalam satuan mm.

Untuk menghitung curah hujan wilayah dapat dilakukan dengan metode : cara rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen dan Isohyet. Pemilihan metode yang paling cocok untuk suatu DAS dapat ditentukan dengan memperhatikan tiga faktor berikut[8]:

Tabel 3. 1 Faktor Untuk Menentukan Metode Penghitungan Curah Hujan Wilayah

1. Jaring-jaring penakar hujan	
Jumlah pos penakar hujan cukup banyak	Rata-rata Aljabar, Thiessen atau Isohyet
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Rata-rata Aljabar & Thiessen
Jumlah pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik
2. Luas DAS	
>5000 km ²	Isohyet
500 – 5000 km ²	Thiessen
< 500 km ²	Rata-rata Aljabar

3. Topografi DAS	
Pegunungan	Rata-rata Aljabar
Daratan	Thiessen
Berbukit & tidak beraturan	Isohyet

Sumber: [8]

8

B. Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekwensi bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Beberapa metode yang lazim digunakan⁴⁹ untuk menentukan distribusi frekuensi adalah : Distribusi Normal, Distribusi Log Pearson III, Distribusi Gumbel Tipe I[4].

1. Distribusi Normal

Distribusi Normal merupakan fungsi distribusi kumulatif normal atau dikenal dengan distribusi Gauss. Distribusi normal memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang dirumuskan:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma \times \sqrt{2x\pi}} \times e^{\frac{-1}{2} \left(\frac{X - \mu}{\sigma}\right)^2}$$

8

Dengan :

P(X) = fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)

π = 3,14156

e = 2,71828

X = v ariabel acak kontinyu

μ = rata-rata dari nilai X

σ = deviasi standar dari nilai X

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistic μ dan σ. Bentuk kurvanya simetris terhadap X = μ, dan grafiknya selalu diatas sumbu datar X, serta mendekati (berasimtot) sumbu datar X, dimulai dari X = μ + 3 σ dan X - 3σ. Nilai mean = modus = median. Nilai X mempunyai batas - ∞ < X < + ∞. Apabila sebuah populasi

dari data hidrologi, mempunyai distribusi berbentuk distribusi normal, maka :

- a. Kira-kira 68,27%, terletak di daerah satu deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - \sigma)$ dan $(\mu + \sigma)$.
- b. Kira-kira 95,45%, terletak di daerah satu deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - 2\sigma)$ dan $(\mu + 2\sigma)$.
- c. Kira-kira 99,73%, terletak di daerah satu deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - 3\sigma)$ dan $(\mu + 3\sigma)$.
- d. Sedangkan 50% dari nilainya terletak di daerah $(\mu - 0,6745\sigma)$ dan $(\mu + 0,6745\sigma)$.

Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit persegi, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} dx = 1,0$$

Untuk menentukan peluang nilai X antara $X = x_1$ dan $X = x_2$, adalah :

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} dx = 1,0$$

Apabila nilai X adalah standar, dengan kata lain nilai rata-rata $\mu = 0$ dan deviasi standar $\sigma = 1,0$ maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2}$$

Dengan $t = \frac{X-\mu}{\sigma}$

2. Distribusi Log - Pearson Tipe III

Distribusi Log - Pearson Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Persamaan fungsi kerapatan peluangnya adalah :

$$P(X) = \frac{1}{(a)\Gamma(b)} \cdot \left[\frac{X - C}{a} \right]^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{X-C}{a}\right)}$$

8 Dengan :

P(X) = peluang dari variat X

X = nilai variat X

a = parameter skala

b = parameter bentuk

c = parameter letak

Γ = fungsi gamma

Bentuk komulatif dari distribusi log - Pearson Tipe III dengan nilai variatnya X apabila digambarkan dalam kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Persamaan garis lurusnya adalah :

14
$$Y = \bar{Y} + K.S$$

Dengan :

Y = nilai logaritmik dari X

$\bar{Y}$ = nilai rata-rata dari Y

S = deviasi standar dari Y

k = karakteristik dari distribusi log - Pearson Tipe III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log - Pearson Tipe III, adalah :

- Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
- Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

n = jumlah data

- Hitung nilai deviasi standar dari $\log X$: 2

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

- Hitung nilai koefisien kemencengan :

17

$$CS = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^2}{(n-1)(n-2)(S \log X)^2}$$

Sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log X} + k(S \log X)$$

- e. Tentukan antilog dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai CS nya.

Apabila CS = 0, maka distribusi log - Pearson Tipe III identik dengan distribusi log normal, sehingga distribusi komulatifnya akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas grafik log normal.

$$X = \bar{X} + \left[\frac{CS}{2} W - \frac{2}{CS} \right] . S$$

Tabel 3. 2 Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III

CS	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	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	1.284	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	3.990	5.390
1.4	-0.255	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	-0.116	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	3.525
0.2	-0.033	0.830	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	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675

CS	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.294	2.675
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.201	2.540
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.166	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	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	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	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	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

[9]

3

3. Distribusi Gumbel Tipe I

Distribusi Gumbel Tipe I atau disebut juga dengan distribusi ekstrem tipe I (*extreme type I distribution*) umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, missal untuk analisa frekwensi banjir. Peluang komulatip dari distribusi Gumbel adalah :

$$P = (X \leq x) = e^{(-e)^{-y}}$$

dengan: $-\infty + < X < +\infty$

$P(X \leq x)$ = fungsi densitas peluang Gumbel Tipe I

X = variable acak kontinyu

e = 2,71828

Y = factor reduksi Gumbel

Persamaan garis lurus model Matematik Distribusi Gumbel Tipe I yang ditentukan dengan menggunakan metode momen adalah :

$$Y = a(X - X_0)$$

$$a = \frac{1,283}{\sigma}$$

$$X_0 = \mu - \frac{0,577}{a} \text{ atau } X_0 = \mu - 0,455\sigma$$

dengan:

μ = nilai rata-rata

σ = deviasi standar

Distribusi Gumbel Tipe I mempunyai koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) $CS = 1,139$. Nilai Y , faktor reduksi Gumbel merupakan fungsi dari besarnya peluang atau periode ulang.

4. Parameter Dasar Statistik

Parameter dasar statistic yang digunakan dalam analisa distribusi frekuensi adalah : nilai rata-rata ($\mu = \bar{x}$), deviasi standar/ simpangan baku ($\sigma = S$), koefisien variasi (Cv), skewness/ koefisien kemencengan (Cs) dan kurtosis/ koefisien ketajaman (Ck). Rumus-rumus yang dipakai dalam menentukan parameter dasar statisti meliputi :

$$\bar{X} = \sum \frac{X}{n}$$

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

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

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

$$Cs = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4} \sum (X - \bar{X})^4$$

5. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui kebenaran analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal maupun simpangan data horisontal maka dilakukan uji kesesuaian (*the goodness of fit test*) sehingga diketahui apakah pemilihan metode distribusi frekwensi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan diterima atau ditolak. Metode yang umum dipakai dalam

hal ini adalah : Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Squire Test*) dan Uji Smirnov-Kolmogorof.

a. Uji Chi-Kuadrat

$$K = 1+3,322 \log n$$

$$DK = K - (R + 1)$$

$$E_f = \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5$$

$$X^2 = \sum_{i=1}^K \left[\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \right]$$

dengan :

X^2 = harga Chi Kuadrat,

E_f = frekuensi yang diharapkan untuk kelas i ,

O_f = frekuensi terbaca pada kelas i ,

K = banyaknya kelas.

R = Untuk distribusi normal dan binomal = 2

Untuk distribusi gumbel dan poison = 1

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Pengujian yang dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap variant X menurut distribusi empiris dan teoritis, yaitu Δi . Nilai Δi maksimum harus lebih kecil dari Δ kritik. Jenis distribusi yang memiliki penyimpangan maksimum distribusi empiris terhadap teoritisnya terkecil dibandingkan jenis distribusi lain adalah distribusi yang dipakai dalam analisis frekuensi curah hujan. Nilai Δ kritik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 3. 3 Nilai Δ kritik

$n \backslash \alpha$	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.21	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25

$n \backslash \alpha$	0.2	0.1	0.05	0.01
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$N > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

[10]

Data hujan empiris digambarkan pada tiap kertas distribusi dari jenis yang dipakai dengan menggunakan data yang diurutkan dari besar ke kecil untuk kala ulang banjir, sebagai berikut :

$$P(X_i \leq X) = \frac{m}{n+1}$$

dengan:

- P = probabilitas
- m = nomor urut
- n = jumlah data

Selanjutnya dihitung besaran-besaran statistik dari data yang diperlukan dalam analisis distribusi frekuensi.

Contoh *perhitungan*:

Diketahui data curah hujan harian maksimum dari 3 stasiun hujan sebagai berikut:

16

Tabel 3. 4 Data Curah Hujan

No	Tahun	SH Kedung Gambus (mm)	SH Denanyar (mm)	SH PG. Jombang Baru(mm)
1	2012	70	127	125
2	2013	116	98	104
3	2014	144	101	89
4	2015	70	89	65
5	2016	105	126	125
6	2017	85	142	140
7	2018	80	70	69
8	2019	70	127	125
9	2020	88	110	113
10	2021	77	98	95

6

Tentukan besaran curah hujan dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun untuk masing-masing stasiun hujan.

1. Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Kedung Gabus:

Data curah hujan maksimum harian rata rata diurutkan dari besar ke kecil untuk di analisis menggunakan statistik yang dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Perhitungan Besar Statistik SH Kedung Gambus

No	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2014	144	41,50	1722,25	71473,38	2966145,06
2	2013	143	40,50	1640,25	66430,13	2690420,06
3	2016	105	2,50	6,25	15,63	39,06
4	2020	102	-0,50	0,25	-0,13	0,06
5	2015	101	-1,50	2,25	-3,38	5,06
6	2018	100	-2,50	6,25	-15,63	39,06
7	2012	98	-4,50	20,25	-91,13	410,06
8	2017	85	-17,50	306,25	-5359,38	93789,06
9	2021	77	-25,50	650,25	-16581,38	422825,06
10	2019	70	-32,50	1056,25	-34328,13	1115664,06
Jumlah (Σ)		1025	0,00	5410,50	81540,00	7289336,63

a. Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1025}{10} = 102,5$$

b. Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5410,50}{9}} = 24,519$$

c. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{24,519}{102,5} = 0,239$$

d. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2) \cdot S_d^3}$$

$$C_s = \frac{10 \cdot (81540,00)}{(10 - 1)(10 - 2) \cdot 24,519^3} = 0,768$$

e. Koefisien Kepuncakan/Curtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3).S_d^4}$$
$$C_k = \frac{10^2.7289336,63}{(10-1)(10-2)(10-3).24,519^4} = 4,002$$

47
Untuk menentukan distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan besar statistika yang telah dihitung dengan syarat masing-masing jenis distribusi yang dapat dilihat pada tabel 3.7

Tabel 3. 6 Penentuan Jenis Distribusi Yang Digunakan Pada SH Kedung Gambus

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitung
1	Normal	CS = 0	1.386
2	Log Normal	CS = 3 CV	0.805
3	Gumble	Cs ≈ 1.14	1.386
		Ck ≈ 5.4002	5.259
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0	1.386

Dari tabel 3.7. dapat dilihat bahwa persyaratan untuk distribusi Normal, Log Normal, dan Gumble tidak sesuai, sehingga untuk menganalisa curah hujan rencana di Stasiun Hujan Kedung Gambus digunakan distribusi Log Pearson III. Kemudian data yang telah dihitung diubah ke dalam bentuk logaritmis ($X = \log X$) yang dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3. 7 Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Kedung Gambus

No	Tahun	$X_i(mm)$	2 $\log X$	$(\log X - \log \bar{X})$	$(\log X - \log \bar{X})^2$	$(\log X - \log \bar{X})^3$
1	2014	144	2,16	0,15836	0,02508	0,00397
2	2013	143	2,16	0,15533	0,02413	0,00375
3	2016	105	2,02	0,02118	0,00045	0,00001

No	Tahun	$X_i(mm)$	$\log X$	$(\log X - \overline{\log X})$	$(\log X - \overline{\log X})^2$	$(\log X - \overline{\log X})^3$
4	2020	102	2,01	0,00860	0,00007	0,00000
5	2015	101	2,00	0,00432	0,00002	0,00000
6	2018	100	2,00	0,00000	0,00000	0,00000
7	2012	98	1,99	-0,00878	0,00008	0,00000
8	2017	85	1,93	-0,07059	0,00498	-0,00035
9	2021	77	1,89	-0,11351	0,01289	-0,00146
10	2019	70	1,85	-0,15491	0,02400	-0,00372
Jumlah (Σ)			20,00	0,00000	0,09169	0,00220

Sumber : Hasil perhitungan

f. Rata-rata

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{20}{10} = 2,0$$

g. Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,09169}{9}} = 0,101$$

h. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2).S_d^3}$$

$$= \frac{0,00220}{(10-1)(10-2).0,101^3} = 0,030$$

Perhitungan banjir periode ulang¹² dapat dilihat pada tabel 3.8. Nilai K merupakan variable standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien G, dapat dilihat pada tabel 3.2. harga K untuk setiap nilai G.

$$\log X_T = \overline{\log X} + K.S_d$$

Untuk T = 2 tahun

$$\log X_2 = 2,00 + (0,00 . 0,106) = 2,000$$

$$X_2 = 100,00$$

Untuk perhitungan curah hujan selanjutnya dengan periode ulang T dapat dilihat pada Tabel 3.9. berikut :

Tabel 3. 8 Perhitungan Curah Hujan degan Periode Ulang T Pada SH Kedung

T	$\overline{\log X}$	G	K	S_d	$\log X_T$	X_T	Pembulatan
2	2,000	0,030	0,000	0,101	2,0000	100,001	100
5	2,000	0,030	0,842	0,101	2,0850	121,616	122
10	2,000	0,030	1,282	0,101	2,1294	134,710	135
25	2,000	0,030	1,751	0,101	2,1767	150,224	150

Hasil dari analisa curah hujan dengan periode ulang pada tabel 3.8. dilakukan Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi. Pada kajian ini Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi dilakukan menggunakan Uji Chi Kuadrat.

- a. Diketahui banyaknya jumlah data (n) = 10
- b. Tingkat kesalahan yang diambil (α) sebesar 1%
- c. Menentukan jumlah 18 kelas distribusi dengan menggunakan rumus : $K = 1 + 3,322 \log n$
 $K = 1 + 3,322 \log 10 = 4,322 \approx 4$
- d. Menentukan lebar kelas interval.

Lebar kelas = $\frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{\text{banyaknya interval kelas}}$

Lebar kelas = $\frac{(144 - 70)}{4} = 18,5$

- e. Menentukan derajat kebebasan
 $DK = K - (R + 1) = 4 - (2 + 1) = 1$
Untuk nilai DK =1, $\alpha = 1\%$ maka dari tabel nilai Chi Kuadrat diperoleh nilai $X^2 C_r = 6,635$

$E_f = \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5$

$X^2 C_r = \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \text{ (analisis)}$

Tabel 3. 9 Perhitungan X²Cr Pada SH Kedung Gambus

Batas Kelas	E_f	O_f	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
144 - 125,5	2,5	2	0,1
125,5 - 107	2,5	0	2,5
107 - 88,5	2,5	5	2,5

Batas Kelas	E_f	O_f	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
88.5 - 70	2,5	3	0,1
Jumlah	10	10	5,200

Karena nilai X^2Cr analisis $< X^2Cr$ tabel ($5,2 < 6,635$) maka perhitungan curah hujan rencana menggunakan Log-Pearson Type III dapat diterima.

- Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Denanyar:
Data curah hujan maksimum harian rata rata diurutkan dari besar ke kecil untuk di analisis menggunakan statistik yang dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Perhitungan Besar Statistik SH Denanyar

N0	Tahun	X_i	$X_i-\bar{X}$	$(X_i-\bar{X})^2$	$(X_i-\bar{X})^3$	$(X_i-\bar{X})^4$
1	2017	142	33,20	1102,24	36594,37	1214933,02
2	2012	127	18,20	331,24	6028,57	109719,94
3	2019	127	18,20	331,24	6028,57	109719,94
4	2016	126	17,20	295,84	5088,45	87521,31
5	2020	110	1,20	1,44	1,73	2,07
6	2014	101	-7,80	60,84	-474,55	3701,51
7	2013	98	-10,80	116,64	-1259,71	13604,89
8	2021	98	-10,80	116,64	-1259,71	13604,89
9	2015	89	-19,80	392,04	-7762,39	153695,36
10	2018	70	-38,80	1505,44	-58411,07	2266349,59
Jumlah (Σ)		1088	0,00	4253,60	-15425,76	3972852,51

Sumber : Hasil perhitungan

- Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1088}{10} = 108,5$$

- Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{4253,60}{9}} = 21,740$$

- Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{21,740}{108,8} = 0,200$$

d. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2).S_d^3}$$

$$C_s = \frac{10.(-15425,76)}{(10-1)(10-2).21,74^3} = -0,209$$

e. Koefisien Kepuncakan/Curtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3).S_d^4}$$

$$C_k = \frac{10^2.3972852,51}{(10-1)(10-2)(10-3).21,74^4} = 3,529$$

Dari tabel 3.6. dapat dilihat bahwa persyaratan untuk distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel tidak sesuai, sehingga untuk menganalisa curah hujan rencana di Stasiun Hujan Denanyar digunakan distribusi Log Pearson III. Kemudian data yang telah dihitung diubah ke dalam bentuk logaritmis ($X = \log X$) yang dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3. 11 Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Denanyar

No	Tahun	$X_i(mm)$	$\log X$	$(\log X - \log \bar{X})$	$(\log X - \log \bar{X})^2$	$(\log X - \log \bar{X})^3$
1	2014	144	2,15	0,12400	0,01538	0,00191
2	2013	116	2,10	0,07551	0,00570	0,00043
3	2016	105	2,10	0,07551	0,00570	0,00043
4	2020	88	2,10	0,07208	0,00520	0,00037
5	2017	85	2,04	0,01310	0,00017	0,00000
6	2018	80	2,00	-0,02397	0,00057	-0,00001
7	2021	77	1,99	-0,03707	0,00137	-0,00005
8	2012	70	1,99	-0,03707	0,00137	-0,00005
9	2015	70	1,95	-0,07890	0,00623	-0,00049
10	2019	70	1,85	-0,18319	0,03356	-0,00615
Jumlah (Σ)			20,28	0,00000	0,07525	-0,00361

Sumber : Hasil perhitungan

f. Rata-rata

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{20,28}{10} = 2,028$$

g. Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,07525}{9}} = 0,091$$

h. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2).S_d^3}$$

$$= \frac{-0,00361}{(10-1)(10-2).0,091^3} = -0,0665$$

Perhitungan banjir periode ulang ¹² dapat dilihat pada tabel 3.9 Nilai K merupakan variable standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien G, dapat dilihat pada tabel 3.2 harga K untuk setiap nilai G.

$$\log X_T = \overline{\log X} + K.S_d$$

Untuk T = 2 tahun

$$\log X_2 = 2,028 + (0,017 . 0,091) = 2,0295$$

$$X_2 = 107,04$$

Untuk perhitungan ¹¹ curah hujan selanjutnya dengan periode ulang T dapat dilihat pada Tabel 3.9. berikut :

Tabel 3. 12 Perhitungan Curah Hujan dengan Periode Ulang T Pada SH Denanyar

T	$\overline{\log X}$	G	K	S_d	$\log X_T$	X_T	Pembulatan
2	2,028	-0,0665	0,017	0,091	2,0295	107,040	107
5	2,028	-0,0665	0,836	0,091	2,1041	127,080	127
10	2,028	-0,0665	1,270	0,091	2,1436	139,178	139
25	2,028	-0,0665	1,716	0,091	2,1842	152,811	153

Sumber : Hasil perhitungan

Hasil dari analisa curah hujan dengan periode ulang pada tabel 3.12. dilakukan Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi. Pada kajian ini Uji Kecocokan

Distribusi Frekuensi dilakukan menggunakan Uji Chi Kuadrat.

- i. Diketahui banyaknya jumlah data (n) = 10
- j. Tingkat kesalahan yang diambil (α) sebesar 1%
- k. Menentukan jumlah 18 kelas distribusi dengan menggunakan rumus : $K = 1 + 3,322 \log n$
 $K = 1 + 3,22 \log 10 = 4,322 \approx 4$
- l. Menentukan lebar kelas interval.

Lebar kelas = $\frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{\text{banyaknya interval kelas}}$

$Lebar\ kelas = \frac{(142-70)}{4} = 18,0$

- m. Menentukan derajat kebebasan

$DK = K - (R + 1) = 4 - (2 + 1) = 1$

Untuk nilai $DK = 1$, $\alpha = 1\%$ maka dari tabel nilai Chi Kuadrat diperoleh nilai $X^2Cr = 6,635$

$E_f = \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5$

$X^2Cr = \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \text{ (analisis)}$

Tabel 3. 13 Perhitungan X^2Cr Pada SH Denanyar

Batas Kelas	E_f	O_f	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
142 - 124	2,5	4	0,9
124 - 106	2,5	1	0,9
106 - 88	2,5	4	0,9
88 - 70	2,5	1	0,9
Jumlah	10	10	3,6

Sumber : Hasil perhitungan

Karena nilai X^2Cr analisis $< X^2Cr$ tabel ($3,6 < 6,635$) maka perhitungan curah hujan rencana menggunakan Log-Pearson Type III dapat diterima.

- 3. Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Jombang Baru:

Data curah hujan maksimum harian rata rata diurutkan dari besar ke kecil untuk di analisis menggunakan statistik yang dapat dilihat pada tabel 3.14.

Tabel 3. 14 Perhitungan Besar Statistik SH Jombang Baru

No	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2017	140	35,00	1225,00	42875,00	1500625,00
2	2012	125	20,00	400,00	8000,00	160000,00
3	2016	125	20,00	400,00	8000,00	160000,00
4	2019	125	20,00	400,00	8000,00	160000,00
5	2020	113	8,00	64,00	512,00	4096,00
6	2013	104	-1,00	1,00	-1,00	1,00
7	2021	95	-10,00	100,00	-1000,00	10000,00
8	2014	89	-16,00	256,00	-4096,00	65536,00
9	2018	69	-36,00	1296,00	-46656,00	1679616,00
10	2015	65	-40,00	1600,00	-64000,00	2560000,00
Jumlah (Σ)		1050	0,00	5742,00	-48366,00	6299874,00

Sumber : Hasil perhitungan

a. Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1050}{10} = 105$$

b. Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5742}{9}} = 25,259$$

c. Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{25,259}{105} = 0,241$$

d. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2).S_d^3}$$
$$C_s = \frac{10. (-48366,00)}{(10 - 1)(10 - 2). 25,259^3} = -0,417$$

e. Koefisien Kepuncakan/Curtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3).S_d^4}$$
$$C_k = \frac{10^2. 6299874,00}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3). 25,259^4} = 3,071$$

Dari tabel 3.6. dapat dilihat bahwa persyaratan untuk distribusi Normal, Log Normal, dan Gumble tidak sesuai, sehingga untuk menganalisa curah hujan rencana di Stasiun Hujan Denanar digunakan distribusi Log Pearson III. Kemudian data yang telah dihitung diubah ke dalam bentuk logaritmis ($X = \log X$) yang dapat dilihat pada tabel 3.15.

Tabel 3. 15 Perhitungan Dengan Metode Log Pearson III Pada SH Jombang Baru

No	Tahun	$X_i(mm)$	$\log X$	$(\log X - \overline{\log X})$	$(\log X - \overline{\log X})^2$	$(\log X - \overline{\log X})^3$
1	2017	140	2,15	0,13754	0,01892	0,00260
2	2012	125	2,10	0,08833	0,00780	0,00069
3	2016	125	2,10	0,08833	0,00780	0,00069
4	2019	125	2,10	0,08833	0,00780	0,00069
5	2020	113	2,05	0,04449	0,00198	0,00009
6	2013	104	2,02	0,00845	0,00007	0,00000
7	2021	95	1,98	-0,03086	0,00095	-0,00003
8	2014	89	1,95	-0,05919	0,00350	-0,00021
9	2018	69	1,84	-0,16974	0,02881	-0,00489
10	2015	65	1,81	-0,19567	0,03829	-0,00749
Jumlah (Σ)			20,09	0,00000	0,11593	-0,00786

Sumber : Hasil perhitungan

f. Rata-rata

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{20,09}{10} = 2,009$$

g. Simpangan Baku

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,11593}{9}} = 0,113$$

h. Koefisien Kepencengan/Skewness

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n - 1)(n - 2). S_d^3}$$

$$= \frac{-0,00786}{(10-1)(10-2) \cdot 0,091^3} = -0,1449$$

Perhitungan banjir periode ulang dapat dilihat pada tabel 3.16. Nilai K merupakan variable standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien G, dapat dilihat pada tabel 3.2 harga K untuk setiap nilai G.

$$\log X_T = \overline{\log X} + K \cdot S_d$$

Untuk T = 2 tahun

$$\log X_2 = 2,009 + (0,033 \cdot 0,113) = 2,0120$$

$$X_2 = 102,802$$

Untuk perhitungan curah hujan selanjutnya dengan periode ulang T dapat dilihat pada Tabel 3.15. berikut :

Tabel 3. 16 Perhitungan Curah Hujan dengan Periode Ulang T Pada SH Jombang Baru

T	$\overline{\log X}$	G	K	S_d	$\log X_T$	X_T	Pembulatan
2	2,009	-0,1449	0,033	0,091	2,0120	102,802	101
5	2,009	-0,1449	0,950	0,091	2,0955	124,580	125
10	2,009	-0,1449	1,258	0,091	2,1235	132,886	133
25	2,009	-0,1449	1,680	0,091	2,1619	145,171	145

Sumber : Hasil perhitungan

Hasil dari analisa curah hujan dengan periode ulang pada tabel 3.16 dilakukan Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi. Pada kajian ini Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi dilakukan menggunakan Uji Chi Kuadrat.

- Diketahui banyaknya jumlah data (n) = 10
- Tingkat kesalahan yang diambil (α) sebesar 1%
- Menentukan jumlah kelas distribusi dengan menggunakan rumus : $K = 1 + 3,322 \log n$
 $K = 1 + 3,22 \log 10 = 4,322 \approx 4$

- l. Menentukan lebar kelas interval.

$$\text{Lebar kelas} = \frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{\text{banyaknya interval kelas}}$$

$$\text{Lebar kelas} = \frac{(140 - 65)}{4} = 18,75$$

- m. Menentukan derajat kebebasan

$$DK = K - (R + 1) = 4 - (2 + 1) = 1$$

Untuk nilai $DK = 1$, $\alpha = 1\%$ maka dari tabel nilai Chi Kuadrat diperoleh nilai $X^2 C_r = 6,635$

$$E_f = \frac{n}{K} = \frac{10}{4} = 2,5$$

$$X^2 C_r = \frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \text{ (analisis)}$$

Tabel 3. 17 Perhitungan $X^2 C_r$ Pada SH Jombang Baru

Batas Kelas	E_f	O_f	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
140 - 121,25	2,5	4	0,9
121,25 - 102,5	2,5	2	0,1
102,5 - 83,75	2,5	2	0,1
83,57 - 65	2,5	2	0,1
Jumlah	10	10	1,2

Sumber : Hasil perhitungan

Karena nilai $X^2 C_r$ analisis $< X^2 C_r$ tabel ($1,2 < 6,635$) maka perhitungan curah hujan rencana menggunakan Log-Pearson Type III dapat diterima.

BAB

4

INTENSITAS HUJAN DAN DEBIT RENCANA

1 A. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air itu terkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam.[11]

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek meliputi daerah yang tidak begitu luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jarang sekali dengan intensitas yang tinggi tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. Kombinasi dari intensitas curah hujan yang tinggi dengan durasi yang panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. Salah satu metode perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan persamaan Mononobe berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dengan :

I = intensitas curah hujan pada durasi t untuk kala ulang T tahun, dalam mm/jam.

t = durasi curah hujan, dalam jam

R₂₄ = curah hujan harian maksimum dengan kala ulang T tahun, dalam mm

B. Waktu Konsentrasi Hujan

12

Waktu konsentrasi hujan adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol)[8].

Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol.

Untuk memperkirakan waktu konsentrasi, Kirpich memberikan formula sebagai berikut[8].

$$T_c = \left(\frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0,385}$$

Dengan :

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai ke titik yang ditinjau (km)

S = Kemiringan rata-rata daerah lintasan air

Kemiringan rata-rata dapat dihitung dengan rumus[12]:

$$S = \frac{H}{0,9 \cdot L}$$

Dengan

S = Kemiringan rata-rata daerah lintasan air

H = Beda tinggi antara titik terjauh sampai titik yang ditinjau (mdpl)

L = Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)

C. Koefisien Pengaliran

23

Koefisien aliran merupakan salah satu nilai parameter yang sangat dibutuhkan dalam memperkirakan besarnya aliran pada suatu DAS yang nilainya mempunyai variasi yang cukup besar disebabkan karena berbedanya tutupan lahan, jenis tanah, karakteristik DAS (kemiringan DAS, panjang sungai, bentuk DAS, dsb) dan karakteristik curah hujan.

Besarnya koefisien aliran ini juga sangat dipengaruhi

oleh durasi dari waktu perhitungan (jamjaman, harian, bulanan dan tahunan). Pada DAS yang tidak termonitor data debitnya dan hujannya yang cukup panjang, besarnya prakiraan koefisien runoff sering kali tidak stabil/konsisten, hal tersebut disebabkan oleh banyaknya faktor terkait yang mempengaruhi perhitungan besarnya koefisien runoff tersebut. Pendekatan dalam menentukan besarnya koefisien aliran juga masih dalam diskusi yang berkepanjangan.

Saat ini parameter koefisien aliran masih menggunakan beberapa referensi hasil dari penelitian pada beberapa negara, yang kondisi karakteristik hujan, jenis tanah dan struktur geologinya besar kemungkinan berbeda untuk masing-masing DAS. Oleh karena itu besarnya referensi untuk nilai koefisien aliran yang terpublikasikan mempunyai deviasi yang cukup besar untuk suatu jenis tutupan lahan.

Berbagai permasalahan yang ditemukan tampaknya masih ada faktor lain yang sangat berpengaruh dalam mendapatkan konsistensi dari nilai koefisien runoff ini yaitu karakteristik geologi dari suatu DAS. Karakteristik geologi tersebut sangat mempengaruhi besarnya nilai baseflow dari suatu aliran air di sungai. Karena itu teknologi pemisahan baseflow juga masih diperdebatkan hingga saat ini, hal ini terjadi pada saat menghitung besarnya koefisien aliran pada saat musim kemarau dimana besarnya curah hujan sangat kecil / mendekati nol[13].

Koefisien pengaliran (C) tergantung dari beberapa factor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Tabel 2.4. menunjukkan nilai koefisien pengaliran untuk berbagai jenis daerah aliran[4].

Tabel 4. 1 Nilai Koefisiean Pengaliran

N ¹⁰	Kondisi daerah pegaliran dan sungai	Harga C
1	Daerah pegunungan yang curam	0,75 - 0,90
2	Daerah pegunungan tersier	0,70 - 0,80
3	Tanah bergelombang dan hutan	0,50 - 0,75
4	Tanah dataran yang ditanami	0,45 - 0,60

No	Kondisi daerah pegaliran dan sungai	Harga
5	Persawahan yang diairi	0,70 – 0,80
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,80
7	Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
8	Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

[4]

Contoh perhitungan:

Berdasarkan contoh perhitungan curah hujan dengan periode ulang T pada bab 3 hitunglah intensitas hujan untuk masing-masing stasiun hujan dengan durasi hujan 0,25 jam, 0,50 jam, 0,75 jam, 1,00 jam, 1,25 jam, 1,5 jam, 1,75 jam, 2,00 jam, 2,25 jam, dan 2,50 jam. Tentukan pula besar intensitas hujan rata-ratanya.

1. **Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Kedung Gabus:**

Diketahui: curah hujan kala ulang 2 tahun = 100,00 mm
Durasi hujan = 0,25 jam

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

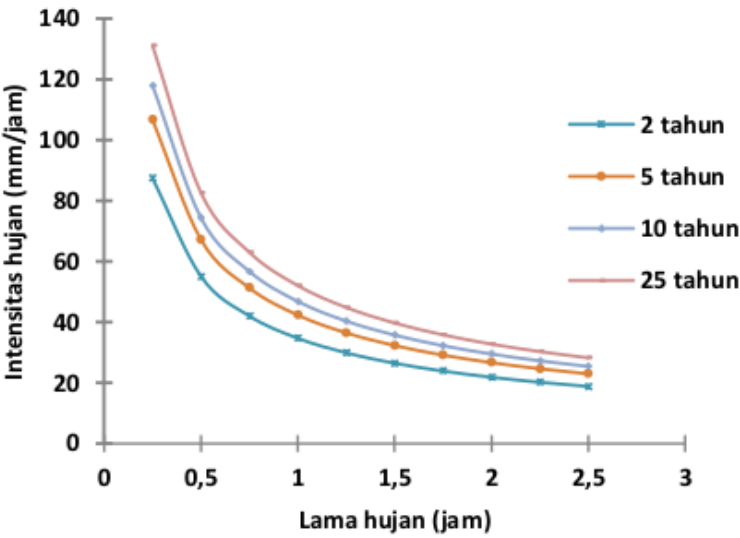
$$I = \frac{100}{24} \times \left(\frac{24}{0,25}\right)^{\frac{2}{3}} = 87,358 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan untuk durasi dan kala ulang selanjutnya seperti pada tabel.

Tabel 4. 2 Intensitas hujan pada SH Kedung Gabus

Durasi (jam)	Kala Ulang (tahun)			
	2	5	10	25
	100	122	135	150
0,25	87,358	106,577	117,933	131,037
0,5	55,032	67,139	74,293	82,548
0,75	41,997	51,237	56,696	62,996
1	34,668	42,295	46,802	52,002

Durasi (jam)	Kala Ulang (tahun)			
	2	5	10	25
	100	122	135	150
1,25	29,876	36,449	40,333	44,814
1,5	26,457	32,277	35,717	39,685
1,75	23,873	29,125	32,228	35,809
2	21,840	26,644	29,483	32,759
2,25	20,190	24,632	27,257	30,285
2,5	18,821	22,961	25,408	28,231



Gambar 4. 1 Kurva IDF SH Kedung Gabus

2. Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Denanyar:

Diketahui:

curah hujan kala
ulang 2 tahun

= 107,00 mm

Durasi hujan

= 0,25 jam

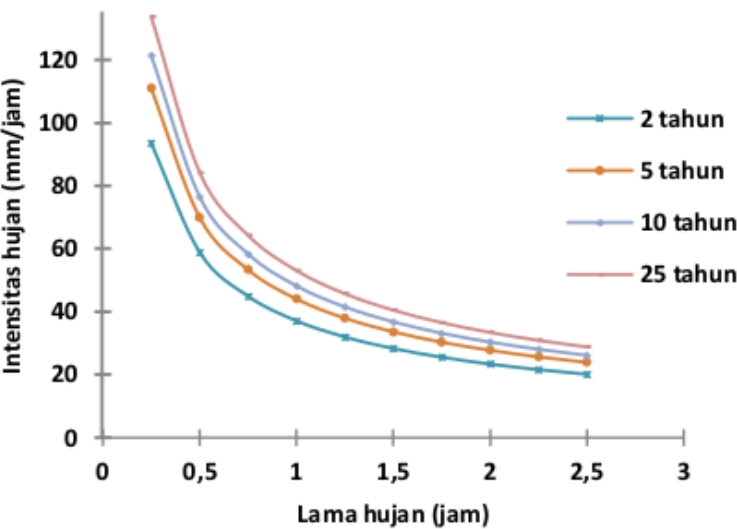
$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{107}{24} \times \left(\frac{24}{0,25}\right)^{\frac{2}{3}} = 93,473 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan untuk durasi dan kala ulang selanjutnya seperti pada tabel.

Tabel 4. 3 Intensitas hujan pada SH Denanyar

Durasi (jam)	Kala Ulang (tahun)			
	2	5	10	25
	107	127	139	153
0,25	93,473	110,945	121,428	133,658
0,5	58,884	69,891	76,495	84,199
0,75	44,937	53,337	58,376	64,256
1	37,095	44,028	48,189	53,042
1,25	31,967	37,943	41,528	45,710
1,5	28,309	33,600	36,775	40,479
1,75	25,544	30,319	33,183	36,525
2	23,368	27,736	30,357	33,414
2,25	21,604	25,642	28,064	30,891
2,5	20,138	23,902	26,161	28,796



Gambar 4. 2 Kurva IDF SH Denanyar

3. **Penyelesaian untuk Stasiun Hujan Jombang Baru:**

Diketahui:

curah hujan kala

ulang 2 tahun

= 101,00 mm

Durasi hujan

= 0,25 jam

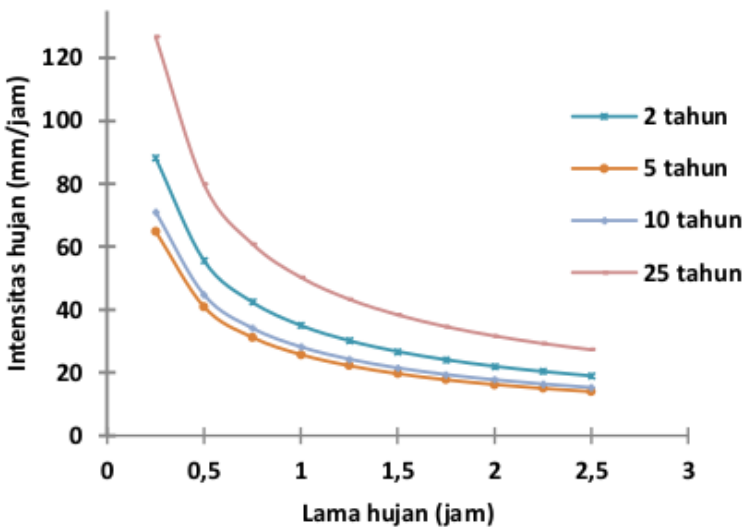
$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{101}{24} \times \left(\frac{24}{0,25}\right)^{\frac{2}{3}} = 88,232 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan untuk durasi dan kala ulang selanjutnya seperti pada tabel.

Tabel 4. 4 Intensitas hujan pada SH Jombang Baru

Durasi (jam)	Kala Ulang (tahun)			
	2	5	10	25
	101	125	133	145
0,25	88,232	64,943	71,080	126,669
0,5	55,582	40,912	44,777	79,797
0,75	42,417	31,221	34,172	60,896
1	35,015	25,773	28,208	50,269
1,25	30,175	22,210	24,309	43,320
1,5	26,721	19,668	21,527	38,362
1,75	24,112	17,747	19,424	34,616
2	22,058	16,236	17,770	31,667
2,25	20,392	15,010	16,428	29,276
2,5	19,009	13,992	15,314	27,290



Gambar 4. 3 Kurva IDF SH Jombang Baru

D. Debit Banjir Rencana

Metode rasional hanya digunakan untuk menentukan banjir maksimum bagi saluran-saluran dengan daerah aliran kecil, kira-kira 40-80 km². Metode rasional ini dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan sebagai berikut[14]:

$$Q_t = 0,278.C.I.A$$

dengan :

- 9. Q_t = Debit banjir rencana (m³/dt)
- C = Koefisien limpasan
- I = Intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran (km²)

Contoh perhitungan:
Diperoleh nilai intensitas hujan dari Stasiun Hujan Kedung Gabus, Stasiun Hujan Denanyar dan Stasiun Hujan Jombang Baru seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Intensitas Hujan Rata-Rata

Stasiun Hujan	I (mm/jam)
Kedung Gambus	21,840
Denanyar	23,368
PG. Jombang Baru	22,058
Rata-Rata	22,422

Jika Dalam perhitungan debit rancana digunakan parameter-parameter perhitungan dari hasil analisa data dan pengamatan di lokasi sebagai berikut:

1. Koefisien pengaliran (C) = 0,43
2. Luas daerah aliran (A) = 0,0165 km²

28
Hitunglah debit rencana dengan kala ulang 2 tahun dan durasi hujan 2 jam.

Penyelesaian:

Diketahui: Intensitas hujan = 22,422 mm/jam

$$\begin{aligned}Q_t &= 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \\&= 0,278 \cdot 0,43 \cdot 22,422 \cdot 0,0165 \\&= 0,0439 \text{ m}^3/\text{dt}\end{aligned}$$

BAB

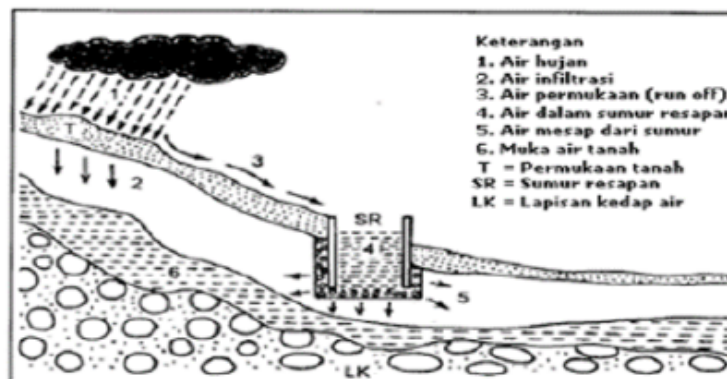
5

SUMUR RESAPAN

A. Sumur Resapan

Sumur resapan sangat baik dalam mengurangi besarnya aliran permukaan sehingga menurunkan peluang terjadinya banjir maupun kekeringan. Teknik konservasi tanah dan air dengan menggunakan metode sumur ini dapat mengendalikan dampak dari air hujan dengan meresapkannya ke dalam tanah sehingga air tidak banyak terbuang sebagai aliran permukaan, menjaga cadangan air tanah, dan menjaga pemukiman agar tidak tergenang[15].

4 Sumur ini berbeda dengan sumur air minum. Dalam hal ini sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum adalah lubang yang berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Oleh 4 bab itu dari segi konstruksi maupun kedalamannya pun berbeda. Sumur resapan memiliki kedalaman di atas muka air tanah, sedangkan sumur air minum digali lebih dalam lagi (di bawah muka air tanah)



Gambar 5. 1 Prinsip kerja sumur resapan

Dalam merencanakan pembuatan sumur resapan perlu diperhitungkan faktor-faktor: iklim, kondisi air tanah, tata guna lahan, dan kondisi sosial masyarakat. Iklim merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sumur resapan, faktor yang perlu mendapat perhatian adalah besarnya curah hujan. Semakin besar curah hujan di suatu wilayah berarti semakin besar sumur resapan yang diperlukan.

Faktor-faktor lainnya yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan sumur resapan adalah:

1. Karakteristik hujan, yaitu intensitas hujan, durasi hujan, selang waktu hujan.
2. Intensitas hujan dengan durasi yang panjang akan menyebabkan semakin banyaknya sumur resapan yang diperlukan, sedangkan jika selang waktu hujan semakin panjang menyebabkan sumur resapan yang diperlukan semakin sedikit.
3. Luas permukaan penutup. Luasan ini adalah luasan lahan di mana air hujan yang jatuh di permukaannya akan ditampung oleh sumur resapan, meliputi luas atap, lapangan parkir, ataupun perkerasan-perkerasan yang lain.
4. Tinggi muka air tanah, jika muka air tanah dalam maka akan diperlukan banyak sumur resapan untuk memperbaiki muka air tanah yang ada. Sedangkan untuk muka air tanah yang dangkal sumur resapan kurang efektif seperti pada daerah pantai ataupun rawa.
5. Koefisien permeabilitas tanah, semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas tanah maka semakin cepat kecepatan air untuk meresap.

B. Sumur Resapan Porous Beton Precast

Sumur resapan porous merupakan bangunan yang dimanfaatkan untuk meresapkan air hujan berlebih agar tidak memicu limpasan. Sumur resapan porous dapat dimanfaatkan untuk membantu meresapkan air hujan sebagai wujud alih fungsi lahan penduduk pada daerah resapan air hujan.

Sumur resapan porous merupakan lubang yang dimanfaatkan untuk melakukan peresapan air hujan ke dalam tanah maupun lapisan batuan yang membawa air.

Sumur ini lebih dikenal sebagai *infiltration well*. Pemakaian lubang pada tanah diperuntukkan untuk menampung air hujan maupun aliran permukaan agar air dapat meresap ke dalam tanah. Sumur ini merupakan sistem resapan buatan yang memiliki kemampuan untuk menampung air hujan karena penebaran tanah akibat bangunan maupun lantai bangunan atau halaman yang diplester atau diaspal yang dapat dialirkan melalui atap, pipa talang maupun saluran air lain.



Gambar 5. 2 Sumur resapan beton precast

C. Volume Sumur Resapan

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah[16]. Pada perencanaan jika menggunakan sumur kosong tampang lingkaran, maka perhitungan kedalamannya menggunakan rumus sebagai berikut :

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

dengan :

- H = Kedalaman air dalam sumur (m)
- Q = Debit air masuk (m³/dt)
- F = Faktor geometri sumur (m)

K = Koefisien permeabilitas tanah (cm/dt)

T = Durasi hujan dominan (dt)

R = Radius/jari-jari sumur (m)

Contoh perhitungan:

Rencanakan kebutuhan sumur resapan untuk penanggulangan banjir jika diketahui debit banjir rencana sebesar $0,0439 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sumur resapan direncanakan dengan diameter = 1 m. Nilai permeabilitas tanah (K) di lokasi = $0,00192 \times 10^{-2} \text{ m/dt}$, dengan durasi hujan dominan (T) selama 2 jam.

Penyelesaian:

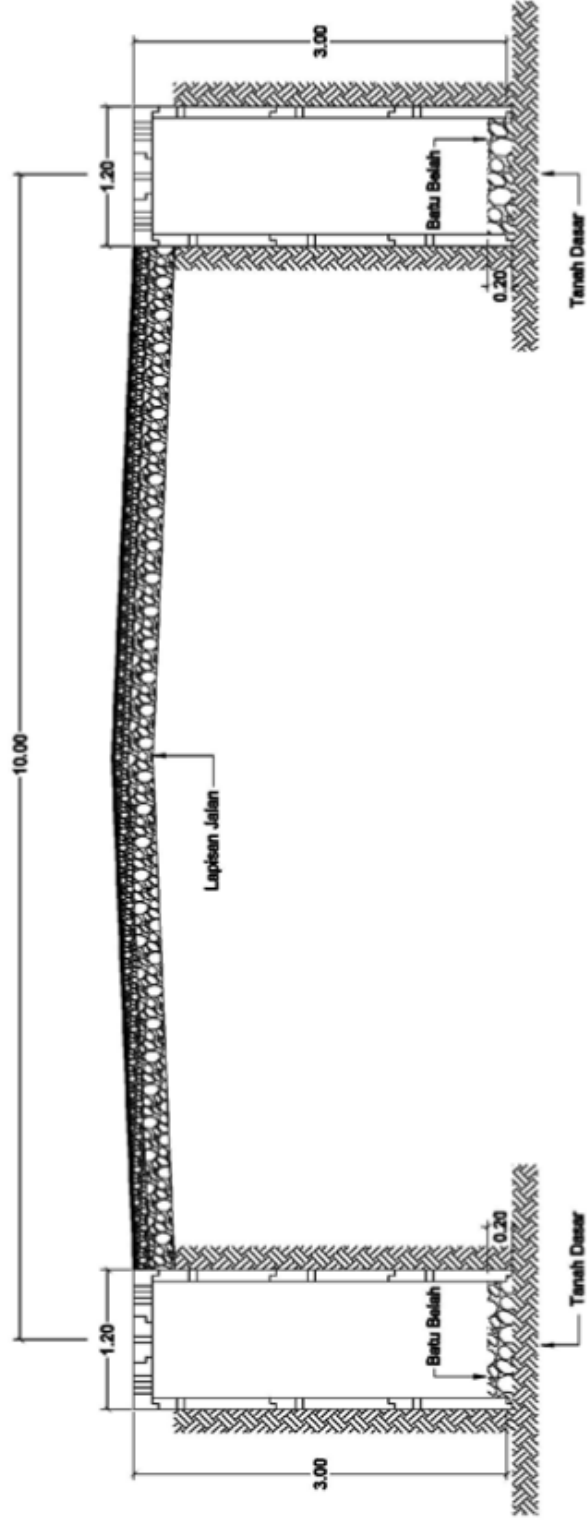
Diketahui: Q	= $0,0439 \text{ m}^3/\text{dt}$
Durasi hujan	= 1 jam = 3600 detik
K	= $0,00192 \times 10^{-2} \text{ m/dt}$
R	= 0,5 m

$$F = \frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{2(L + 2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$$
$$= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1}{\ln \left\{ \frac{2(1 + 2 \cdot 0,5)}{0,5} + \sqrt{\left(\frac{1}{0,5}\right)^2 + 1} \right\}} = 2,700 \text{ m}$$

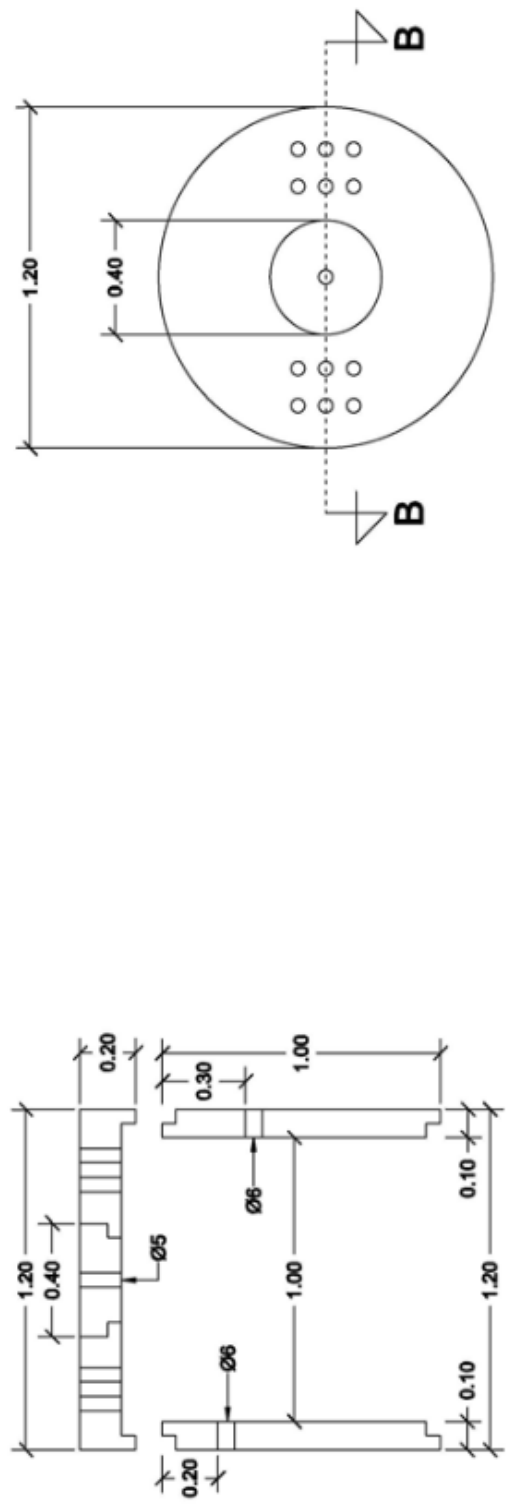
$$H = \frac{Q}{FK} \left\{ 1 - \exp \left(\frac{-FKT}{\pi R^2} \right) \right\}$$
$$= \frac{0,0439}{2,7 \cdot 0,00192 \times 10^{-2}} \left\{ 1 - \exp \left(\frac{2,7 \cdot 0,00192 \times 10^{-2} \cdot 3600}{3,14 \cdot 0,5^2} \right) \right\}$$
$$= 179,366 \text{ m}$$

Sumur resapan direncanakan mempunyai kedalaman 3 meter sehingga jumlah sumur resapan (n) adalah:

$$n = \frac{H_{analisa}}{H_{rencana}} = \frac{179,366}{3} = 59,789 \text{ unit} \approx 60 \text{ unit}$$



Gambar 5. 3 Potongan Melintang Pemasangan Sumur Resapan Porous Beton Precast



Gambar 5. 4 Potongan Melintang dan Tampak Atas Sumur Resapan Porous Beton Precast



Gambar 5. 5 Perspektif Sumur Resapan Porous Beton Precast

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. E. Dr. Ir. Robert J. Kodoatie, M. Eng & Ir. Sugiyanto, *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2002.
- [2] M. Wilson, *Hidrologi Teknik*. Bandung: Penerbit ITB, 1993.
- [3] V. Te Chow, D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*. .
- [4] Sosrodarsono and Takeda, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Paradnya Paramita, 2003.
- [5] A. Yusran, "Kajian Perubahan Tata Guna Lahan Pada Pusat Kota Cilegon" Universitas Diponegoro Semarang, 2006.
- [6] Asdak and Chay, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [7] Seyhan and Ersin, *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1977.
- [8] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- [9] Soewarno, *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisis Data*. Bandung: Penerbit Nova, 1995.
- [10] R. Jayadi, *Hidrologi 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1993.
- [11] M. E. Joesron Loebis, Ir, *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1992.
- [12] Wesli, *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [13] "Penentuan Nilai Koefisien Aliran Pada Berbagai Penutup Lahan di Beberapa DAS." Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta, 2014.
- [14] I. Subarkah, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma, 1980.
- [15] A. Tomi, "Sumur Resapan: Pengertian, Manfaat, Jenis dan Pembuatan." [Online]. Available: https://forumsteract.com/sumur-resapan/#google_vignette.
- [16] Sunjoto, *TEKNIK DRAINASE PRO-AIR*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan UNIVERSITAS GADJAH MADA, 2011.

TENTANG PENULIS



Saiful Arfaah, S.T., M.T., lahir di Bangkalan pada tahun 1971 dan telah menamatkan Pendidikan S1 Teknik Sipil di Universitas Darul Ulum pada tahun 1995 serta S2 di FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) bidang Manajemen dan Rekayasa Sumber Air pada tahun 2013. Setelah menyelesaikan Pendidikan S2 disamping mengajar mata kuliah hidrolika dan hidrologi, penulis juga aktif dalam penelitian dan publikasi di bidang sumber daya air selain itu juga penulis juga banyak pengalaman dibidang organisasi dan manajeral perguruan tinggi. Pada tahun 2010 sampai dengan 2018 penulis menjabat sebagai Kepala Biro Administrasi Umum Universitas Darul Ulum Jombang. Dan pada saat ini penulis masih menjabat Ketua Program Studi Teknik Sipil di perguruan tinggi yang sama.



Ir. Fathur Rahman Rustan, S.T., M.T., IPM., lahir di Kendari, pada tahun 1985. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknik (S.T.) pada Prodi Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Halu Oleo tahun 2009, Magister Teknik (M.T.) bidang Manajemen dan Rekayasa Sumber Air FTSP ITS Surabaya tahun 2013, dan tahun 2020 mengambil Pendidikan Profesi Insinyur (Ir.) dari Prodi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis telah menghasilkan beberapa artikel penelitian dan menghasilkan beberapa Book Chapter di antaranya: Sistem Irigasi dan Bangunan Air, Pengembangan Sumber Daya Air, Dasar-Dasar Ilmu Ukur Tanah, Perancangan Geometrik Jalan, Ekonomi Teknik, dan Teknik Sipil (Sebuah Pengantar) serta telah memiliki hak kekayaan intelektual berupa hak cipta. Dan saat ini penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil di perguruan tinggi yang sama.

SUMUR RESAPAN POROUS BETON

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.unismuh.ac.id	1 %
Internet Source		
2	jurnal.polinema.ac.id	1 %
Internet Source		
3	lib.ui.ac.id	1 %
Internet Source		
4	journal.ummat.ac.id	1 %
Internet Source		
5	repo.uinsatu.ac.id	1 %
Internet Source		
6	jurnalpengairan.ub.ac.id	1 %
Internet Source		
7	jurnal.umj.ac.id	1 %
Internet Source		
8	journal2.um.ac.id	1 %
Internet Source		
9	repository.unsri.ac.id	<1 %
Internet Source		
10	eprints.umsb.ac.id	<1 %
Internet Source		
11	sipil.studentjournal.ub.ac.id	<1 %
Internet Source		
12	digilib.polban.ac.id	<1 %
Internet Source		
13	junitahariani.wordpress.com	<1 %
Internet Source		

14	jurnal.uns.ac.id Internet Source	<1 %
15	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
16	jurnal.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
17	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
18	jurnal.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %
19	journal.untar.ac.id Internet Source	<1 %
20	journal.pnk.ac.id Internet Source	<1 %
21	repo.itpln.ac.id Internet Source	<1 %
22	vtracks.co.id Internet Source	<1 %
23	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.uhamka.ac.id Internet Source	<1 %
25	journal.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
26	ojs.unik-kediri.ac.id Internet Source	<1 %
27	pengairan.ub.ac.id Internet Source	<1 %
28	jstl.unram.ac.id Internet Source	<1 %

repository.usahid.ac.id

29	Internet Source	<1 %
30	ejournal2.pnp.ac.id Internet Source	<1 %
31	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
32	jurnal.unipasby.ac.id Internet Source	<1 %
33	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
34	bkp1mataram-ppid.pertanian.go.id Internet Source	<1 %
35	goums.ac.ir Internet Source	<1 %
36	journal.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
37	sipil.petra.ac.id Internet Source	<1 %
38	bahan-ajar.esaunggul.ac.id Internet Source	<1 %
39	cot.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
40	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
41	ikippgribojonegoro.ac.id Internet Source	<1 %
42	jurnal.fkip.unila.ac.id Internet Source	<1 %
43	lipi.go.id Internet Source	<1 %
44	sipeg.unj.ac.id	

Internet Source

<1 %

45

digilib.uin-suka.ac.id

Internet Source

<1 %

46

journal.unindra.ac.id

Internet Source

<1 %

47

jurnal.utu.ac.id

Internet Source

<1 %

48

repository.unimal.ac.id

Internet Source

<1 %

49

journal.univpancasila.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

SUMUR RESAPAN POROUS BETON

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/0

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30
PAGE 31
PAGE 32
PAGE 33
PAGE 34
PAGE 35
PAGE 36
PAGE 37
PAGE 38
PAGE 39
PAGE 40
PAGE 41
PAGE 42
PAGE 43
PAGE 44
PAGE 45
PAGE 46
PAGE 47
PAGE 48
PAGE 49
PAGE 50
PAGE 51
PAGE 52
PAGE 53
PAGE 54
PAGE 55
PAGE 56
PAGE 57
PAGE 58
PAGE 59
PAGE 60
PAGE 61