



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang baik, penulis melakukan tinjauan pustaka yang berkaitan. Perencanaan yang dilakukan oleh Cahyono dan Anwar (2013) dalam skripsi berjudul “Teknologi Pemanenan Air Hujan untuk Mengatasi Kekeringan dan Penyediaan Air Bersih di Desa Sawitan”. Lokasi perencanaan ini dilakukan di Desa Sawitan, Kecamatan Mungkid, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Tujuan perencanaan ini adalah untuk membuat teknologi pemanenan air hujan untuk mengatasi kekeringan dan penyediaan air bersih di Desa Sawitan. Dalam skripsi ini direncanakan dua jenis pemanenan air hujan yaitu, pemanenan air secara mandiri yang terdiri dari tampungan 1 dan tampungan 2 yang berupa bak penampungan air hujan dengan masing-masing kapasitas tampungan $1,3 \text{ m}^3$ dan $1,4 \text{ m}^3$, tampungan 3 yang berupa sumur resapan dengan kapasitas $3,4 \text{ m}^3$ serta secara terpadu yang berupa waduk dengan volume kolam tampungan sebesar 22.483 m^3 dan digunakan dimensi panjang 140 m, lebar 100 m dan tinggi 1,7 m.

Selanjutnya perencanaan yang dilakukan oleh Iriani, dkk (2013) dalam skripsi berjudul “Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Konservasi Air Tanah di Daerah Permukiman (Studi Kasus di Perumahan RT II, III, dan IV (Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)”. Lokasi perencanaan ini dilakukan di Perumnas Lingkar Timur, Kecamatan Singgaran Pati, Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengetahui dimensi sumur yang berfungsi menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah. Pada perencanaan ini dilakukan survei berupa pengukuran, kuisisioner/wawancara, dan percobaan peresapan untuk memperoleh data yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan, dapat ditentukan sumur resapan yang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 m dan kedalaman 3 m untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk lingkaran dengan diameter 1,4 m dan kedalaman 3 m sebanyak 92 buah. Alternatif lain yaitu sumur resapan yang

berbentuk segi empat dengan lebar 1,2 m dan kedalaman 1,5 m untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk segi empat dengan lebar 1,4 m dan kedalaman 3 m sebanyak 72 buah.

Kemudian perencanaan yang dilakukan oleh Sutrisno, dkk (2016) dalam skripsi berjudul "Pengembangan Sistem Pemanenan Air Hujan untuk Penyediaan Air Bersih di Selatpanjang Riau". Lokasi perencanaan ini dilakukan di Selatpanjang, Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk menganalisis potensi ketersediaan air hujan, populasi kebutuhan air di wilayah Selatpanjang 2030, pengembangan sistem pemanenan air hujan, dan garis besar hubungannya dengan lingkungan, sosial dan ekonomi. Hasil perhitungan dalam skripsi ini menunjukkan di daerah Selatpanjang diperoleh air hujan rata-rata berjumlah 1724,8 mm/tahun, air hujan yang dapat dipanen sebesar 17,248 miliar liter/tahun, dan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2030 yaitu 49.471 penduduk, sehingga perlu air bersih sebanyak 534.286.800 liter selama tiga bulan. Pada skripsi ini direncanakan pemanenan air hujan skala individu dengan volume penampungan 2 m³, pemanenan air hujan skala komunal 3 rumah dengan volume penampungan 30 m³, dan pemanenan air hujan skala komunal 5 rumah dengan volume penampungan 50 m³.

"Pemanfaatan Sumur Resapan untuk Meminimalisir Genangan di Sekitar Jalan Cak Doko" adalah perencanaan yang dilakukan oleh Bunganaen, dkk (2016) di Jalan Cak Doko, Kelurahan Oetete, Kabupaten Oebobo, Kabupaten Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah pada rumah-rumah di Kelurahan Oetete sekitar SMA N 1 Kupang. Berdasarkan uji permeabilitas di laboratorium, diperoleh koefisien permeabilitas tanah (k) adalah $6,010 \times 10^{-5}$ cm/detik. Setelah diperoleh nilai K, untuk menghitung kedalaman sumur resapan digunakan Metode Sunjoto (1988). Pada perhitungan kedalaman sumur resapan untuk rumah dengan tipe 8 x 10 m memiliki diameter sumur resapan 1 meter dengan kedalaman sumur $3,3824 \approx 3,5$ m dan debit masukan 0,0007 m³/detik. Hasil perhitungan diperoleh 25 buah sumur resapan dengan kedalaman bervariasi

yaitu 1,5 m (4 buah); 2 m (3 buah); 2,5 m (4 buah); 3 m (4 buah) untuk sumur resapan tunggal karena kedalaman sumur resapan ≤ 3 m dan kedalaman 3,5 m (2 buah); 4 m (2 buah); 6,5 m (1 buah); 9 m (1 buah); 9,5 m (3 buah), dan 21 m (1 buah) untuk sumur resapan paralel karena dari hasil perhitungan diperoleh kedalaman sumur resapan > 3 m. Untuk sumur resapan paralel akan dibangun kedalaman mulai dari 1 m - 3 m sampai kedalaman sumur terpenuhi.

Perencanaan tentang sumur resapan yang dilakukan di Gedung Dharma Pendidikan Universitas Bangka Belitung, Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dengan judul ‘‘Konservasi Air Tanah dengan Sumur Resapan di Gedung Dharma Pendidikan Universitas Bangka Belitung’’ (Firnandi, 2016). Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengetahui debit rencana (Q) yang dihasilkan dan menetapkan dimensi sumur resapan yang dibutuhkan untuk meresapkan debit rencana (Q) di area Gedung Dharma Pendidikan Universitas Bangka Belitung. Debit rencana dihitung dengan Metode Rasional dan sumur resapan dihitung dengan Metode Sunjoto (1988). Dari hasil perhitungan diperoleh debit rencana (Q) sebesar 104,196 m³/jam atau 0,029 m³/detik dan sumur resapan yang dibutuhkan sebanyak 4 buah dengan kedalaman 5 m dan jari jari 0,750 m. Dengan sumur resapan tersebut air yang dapat diresapkan sebesar 103,874 m³/jam dengan sisa debit sebesar 0,322 m³/jam.

Dilakukan perencanaan tentang penampungan air hujan yang berjudul ‘‘Analisis Pemanfaatan Air Hujan dengan Metode Penampungan Air Hujan untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Rumah Tangga di Kota Surakarta’’ (Julindra, dkk, 2017). Perencanaan ini dilakukan di Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah dengan tujuan perencanaan ini adalah mengetahui kapasitas tangki PAH dan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan tangki PAH. Perencanaan ini dilakukan dengan uji coba luas atap dan jumlah penghuni serta variasi kebutuhan air yang dihitung berdasarkan Permen PU tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM Bukan Jaringan Jalan Perpipaan No. 01/PRT/M2009. Berdasarkan perhitungan diperoleh kapasitas tangki PAH dengan variasi kebutuhan air 30% dengan luasan atap 150 m² dan dengan 4 penghuni adalah sebesar 12 m³ dengan desain tangki

PAH 3 x 3 x 1,5 m dan didapat rencana anggaran biaya (RAB) sebesar Rp 18.267.956,88,-.

Perencanaan yang dilakukan oleh Mirza (2017) dalam skripsi berjudul ‘‘Analisis Pemanfaatan Air Hujan sebagai Air Baku dengan Sistem Pemanenan Air Hujan (Studi Kasus: Gedung Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung)’’. Tujuan perencanaan ini adalah menganalisis besarnya kebutuhan air baku, mengetahui kapasitas tangki PAH, dan persentase pemanfaatan tangki PAH dalam mengurangi debit aliran permukaan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. Dalam analisis kapasitas Pemanenan Air Hujan (PAH) dihitung berdasarkan Permen PU tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM Bukan Jaringan Jalan Perpipaan No. 01/PRT/M2009. Dari perhitungan, didapatkan kebutuhan air baku pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung sebesar 9.725 liter/hari atau 9,725 m³/hari dengan kapasitas tangki PAH sebesar 195 m³ serta dapat mengurangi debit aliran permukaan sebesar 12% yaitu 0,006 m³/detik atau 21,600 m³/jam.

Pada Masjid Agung Banjarbaru Kalimantan Selatan dilakukan perencanaan teknologi pemanenan air hujan oleh Lestari dan Pamuji (2017). Tujuan dilakukan perencanaan ini adalah mengetahui kapasitas kolam penampungan air hujan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air baku di Masjid Agung Banjarbaru Kalimantan Selatan. Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah perbandingan antara suplai air hujan dan kebutuhan air baku. Berdasarkan hasil perhitungan, Masjid Agung Banjarbaru Kalimantan Selatan dengan kapasitas 1.500 jamaah membutuhkan air baku sebesar 1.350 m³/bulan, sedangkan suplai air hujan yang diterima sebesar 1.785,60 m³. Dari nilai suplai dan kebutuhan air baku tersebut, maka direncanakan kolam penampungan air hujan sebanyak 4 buah dengan luas kolam masing-masing 600 m² dan kedalaman kolam 0,84 m.

Selanjutnya perencanaan yang dilakukan oleh Sutikno dan Sophiani (2017) dalam skripsi berjudul ‘‘Studi Penerapan Sumur Resapan Dangkal pada Sistem Tata Air di Komplek Perumahan’’. Lokasi perencanaan ini dilakukan pada Perumahan Premier Cipondoh yang terletak di sebelah timur Jalan H. Maulana tepatnya di sebelah utara Komplek Garuda Cipondoh Permai, Tangerang. Tujuan

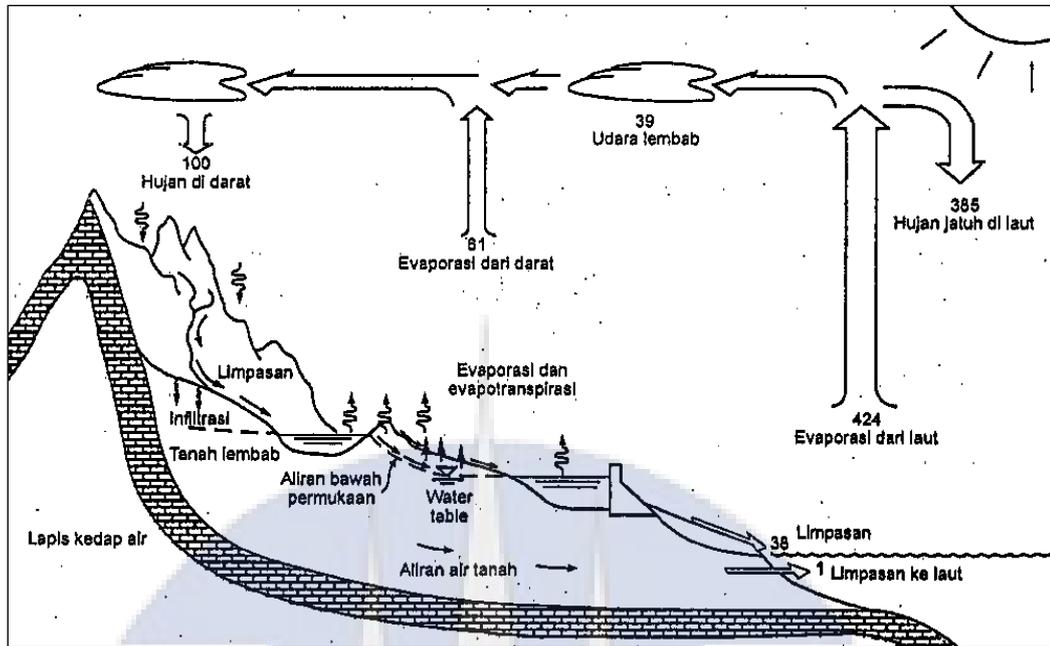
perencanaan ini adalah untuk mengetahui dimensi sumur resapan yang berfungsi mengurangi aliran permukaan di kompleks perumahan. Untuk menghitung kedalaman sumur resapan digunakan Metode Sunjoto (1988). Dari hasil perhitungan diperoleh dimensi sumur resapan dengan diameter 1 m dan kedalaman 3,800 m. Adanya sumur resapan pada setiap kavling rumah di perumahan tersebut dapat mengurangi debit aliran permukaan sebesar 0,365 m³/detik atau berkurang 66,360%.

Sylviana dan Hendriyana (2018) melakukan perencanaan pemanenan air hujan terintegrasi sumur resapan pada bangunan pendidikan SMP dan SMA serta bangunan kecamatan/kelurahan di Kota Bekasi. Perencanaan ini bertujuan untuk menganalisa kebutuhan fisik pemanenan air hujan yang terintegrasi sumur resapan, mengidentifikasi perlengkapan sarana pendukung dalam mengoptimalkan pemanfaatan air hujan untuk kebutuhan domestik, dan mengetahui biaya yang dibutuhkan dalam untuk membangun tangki pemanenan air hujan terintegrasi sumur resapan. Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas suplai air hujan yang harus ditampung setiap harinya yaitu, bangunan dengan luas atap 101 - 1000 m² berkapasitas air hujan 6,5 m³/hari, luas atap 1001 - 2000 m² mempunyai kapasitas 13 m³/hari, dan luas atap \geq 2500 - 3000 m² kapasitas air hujan 19,5 m³/hari. Untuk penyediaan sumur resapan di tiap bangunan kantor kecamatan/kelurahan berjumlah 20 unit sumur resapan dengan kapasitas @ 1 m³ jika luasan atap 500 m². Sedangkan luasan atap bangunan sarana pendidikan rata-rata 1500 m² kewajiban penyediaan sumur resapan berjumlah 60 unit sumur resapan dengan kapasitas @ 1 m³. Perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan penampungan air hujan terintegrasi dengan sumur resapan yaitu Rp 74,460 juta.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses penguapan air oleh sinar matahari yang kemudian membentuk awan (kondensasi) dan terjadi hujan. Siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber : Chow, 1988

Gambar 2.1 Siklus hidrologi

Siklus hidrologi pada gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Terjadi penguapan air oleh sinar matahari. Penguapan yang terjadi terdiri dari evaporasi (air permukaan) dan transpirasi (permukaan tumbuhan). Evaporasi yang terjadi berasal dari air laut, danau, dan sungai.
2. Uap air akan naik dan berkumpul membentuk awan. Setelah terbentuk awan, awan tersebut akan dibawa angin pada ketinggian tertentu dan terjadi hujan.
3. Air hujan yang turun dapat dibagi menjadi sebagai berikut.
 - a. Air hujan yang turun di laut.
 - b. Air hujan yang turun di darat. Air hujan yang turun di darat dapat dibedakan menjadi aliran permukaan, infiltrasi, dan intersepsi. Aliran permukaan, yaitu air hujan mengalir di atas permukaan tanah dan mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai yang akhirnya mengalir ke laut. Infiltrasi merupakan hujan yang jatuh di permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah menjadi air tanah, mengalir ke sungai, dan mengalir ke laut. Intersepsi yaitu hujan yang jatuh tertahan oleh tumbuh-tumbuhan.

2.2.2 Hujan

Turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es disebut dengan presipitasi. Di Indonesia, turunnya air yang terjadi paling dominan adalah hujan sehingga hujan disamakan dengan presipitasi. Maka istilah yang digunakan adalah hujan. Hujan dapat terjadi karena udara basah yang naik ke atmosfer mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi. Menurut Triadmodjo (2008), berdasarkan cara naiknya udara ke atas, maka tipe hujan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Hujan Konvektif

Pada musim kemarau di daerah tropis, udara yang berada di dekat permukaan tanah mengalami pemanasan intensif. Pemanasan tersebut menyebabkan rapat massa udara berkurang, sehingga udara basah naik ke atas dan mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi dan hujan. Hujan karena proses ini disebut hujan konvektif, yang biasanya bersifat setempat, mempunyai intensitas tinggi, dan durasi singkat.

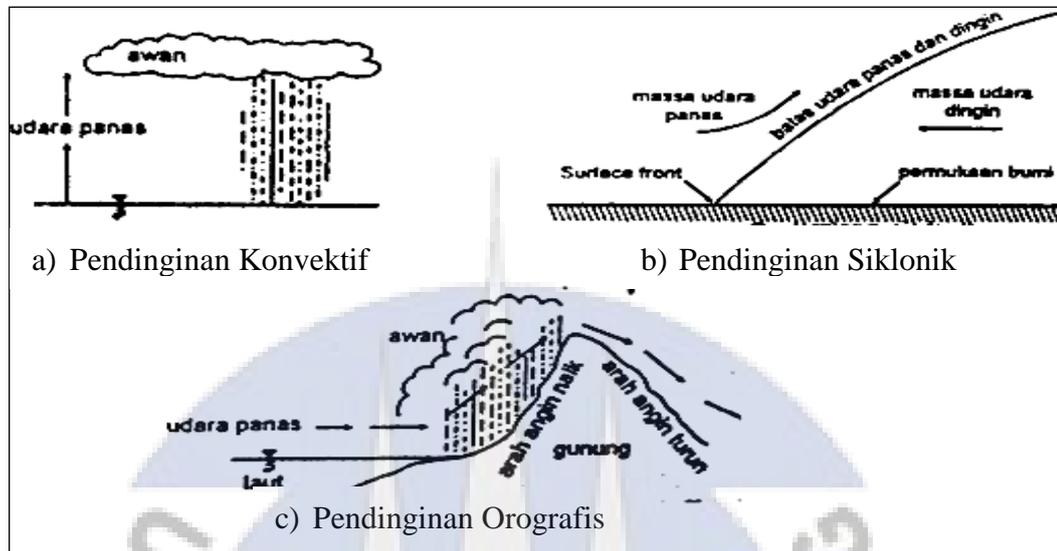
2. Hujan Siklonik

Bertemunya massa udara panas yang relatif ringan dan massa udara dingin yang relatif berat, menyebabkan udara panas akan bergerak di atas udara dingin. Udara yang bergerak ke atas tersebut mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi dan terbentuk awan kemudian terjadi hujan. Hujan tersebut adalah hujan siklonik, yang mempunyai sifat tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama.

3. Hujan Orografis

Udara lembab yang tertiup angin dan melintasi daerah pegunungan akan naik dan mengalami pendinginan, sehingga terbentuk awan dan hujan. Sisi gunung yang dilalui oleh udara tersebut banyak mendapatkan hujan dan disebut lereng hujan, sedang sisi belakangnya yang dilalui udara kering (uap air telah menjadi hujan di lereng hujan) disebut lereng bayangan hujan. Daerah tersebut tidak permanen dan dapat berubah tergantung musim (arah angin). Hujan ini

terjadi di daerah pergunungan (hulu DAS), dan merupakan pemasok air tanah, danau, bendungan, dan sungai. Tipe hujan berdasarkan cara naiknya udara ke atas dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber : Triadmodjo, 2008

Gambar 2.2 Tipe hujan

2.2.3 Konservasi Air

Konservasi air adalah menyimpan air saat berlebihan dan menggunakannya sesedikit mungkin untuk keperluan yang produktif. Konservasi air yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan pemanfaatan air permukaan dan air tanah (Suripin, 2004), adalah sebagai berikut.

1. Pengelolaan Air Permukaan

Konservasi air dalam pengelolaan air permukaan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

a. Pengendalian Aliran Permukaan

Cara yang dilakukan untuk mengendalikan air permukaan adalah memperpanjang waktu air tertahan di permukaan tanah dan meningkatkan jumlah air yang masuk ke dalam tanah.

b. Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah

tangga dan ternak, terutama menjelang dan selama musim kemarau. Pemanenan air hujan adalah dengan mengumpulkan air hujan yang mengalir dari atap rumah. Untuk skala besar pemanenan air hujan dapat dilakukan di daerah tangkapan air.

c. Meningkatkan Kapasitas Infiltrasi Tanah

Pada dasarnya, untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah adalah memperbaiki struktur tanahnya. Cara yang paling efektif dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi adalah dengan menutup tanah yang cukup, baik dengan tumbuhan atau mulsa, atau dengan memberikan bahan organik.

2. Pengelolaan Air Tanah

Konservasi air dalam pengelolaan air tanah dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

a. Pengisian Air Tanah secara Buatan

Simpanan air tanah ini merupakan sumber air yang dapat diandalkan untuk menambah air permukaan yang ada. Kemampuan tanah untuk menyimpan air dipengaruhi oleh volume pori-pori tanah dan tinggi muka air tanah. Tujuan pengisian air tanah secara buatan adalah sebagai berikut.

- 1) Menyimpan kelebihan aliran permukaan menjadi air tanah.
- 2) Memperbaiki kualitas air tanah dengan mencampur air tanah lokal dengan air pengisian.
- 3) Pemurnian dan reklamasi saluran pembuangan.
- 4) Membentuk tabir tekanan untuk mencegah intrusi air asin.
- 5) Meningkatkan produksi pertanian dengan terjaminnya air irigasi.
- 6) Menurunkan biaya pemompaan air tanah karena kedalaman air tanah kecil.
- 7) Mencegah turunnya penurunan muka tanah.

Dalam melaksanakan pengisian air tanah buatan perlu memperhatikan syarat-syarat fisik sebagai berikut.

- 1) Tersedia akuifer dengan kapasitas dan permeabilitas yang memadai.
- 2) Tersedia cukup air untuk melakukan pengisian.

- 3) Pemompaan air tanah tidak boleh berlebihan.
- 4) Kualitas air yang diisi harus lebih baik dari air tanah lokal, supaya air tanah yang dihasilkan dapat berkualitas baik.

b. Pengendalian Pengambilan Air Tanah

Pengendalian pengambilan air tanah bertujuan untuk mengatasi penurunan muka air tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memperkecil laju pengambilan air tanah daripada pengisian air hujan pada daerah resapan.

2.2.4 Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan minimum dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Untuk kebutuhan air baku, curah hujan andalan yang digunakan adalah 90% (Triadmodjo, 2008). Persamaan yang digunakan untuk menghitung curah hujan andalan menggunakan Rumus Weibull sebagai berikut.

$$P(\%) = \left(\frac{m}{n+1} \right) * 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- P = Peluang
 m = Nomor urut
 n = Jumlah data

2.2.5 Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Data yang digunakan dalam analisis frekuensi adalah data hujan selama beberapa tahun. Pengambilan seri data untuk analisis frekuensi dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu seri parsial (*partial duration series*) dan data maksimum tahunan (*annual maximum series*). Metode seri parsial (*partial duration series*) digunakan apabila jumlah data kurang dari 10 tahun. Seri Parsial adalah rangkaian data debit banjir/hujan yang besarnya di atas di atas suatu nilai

batas bawah tertentu. Dari setiap tahun data dipilih 2 sampai 5 data tertinggi. Metode data maksimum tahunan (*annual maximum series*) digunakan apabila terdapat data atau hujan minimal 10 tahun. Tipe ini adalah dengan memilih satu data maksimum setiap tahun. Dalam satu tahun hanya ada satu data.

2.2.6 Distribusi Probabilitas

Dalam analisis frekuensi data hujan, digunakan distribusi probabilitas untuk mendapatkan nilai hujan rencana. Ada 4 bentuk fungsi distribusi kontinu (teoritis) yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi jika data yang tersedia adalah data sampel (populasi terbatas), yaitu Distribusi *Normal*, *Log Normal*, *Gumbel*, dan *Log Pearson III*. Menurut Kamiana (2011), persamaan distribusi probabilitas dijelaskan sebagai berikut.

1. Distribusi *Normal*

Hujan rencana Distribusi *Normal* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + K_T * S \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan (mm)

X_i = Curah hujan ke-i (mm)

n = Banyaknya data pengamatan

K_T = Faktor frekuensi, nilainya ditentukan berdasarkan nilai T (Tabel 2.1 Nilai variabel reduksi *Gauss*)

S = Standar deviasi dari data hujan (mm)

2. Distribusi Log Normal

Hujan rencana Distribusi *Log Normal* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T * S \text{ Log } X \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

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

$\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata dari Log X

$\text{Log } X_i$ = Nilai logaritmis curah hujan ke-i (mm)

K_T = Faktor frekuensi, nilainya ditentukan berdasarkan nilai T (Tabel 2.1 Nilai variabel reduksi *Gauss*)

$S \text{ Log } X$ = Deviasi standar dari Log X

$\text{Log } X$ = Nilai logaritmis dari curah hujan maksimum rata-rata (mm)

Tabel 2.1 Nilai variabel reduksi *Gauss*

No.	Periode ulang, T (tahun)	K_T	No.	Periode ulang, T (tahun)	K_T	No.	Periode ulang, T (tahun)	K_T
1.	1,001	-3,050	8.	1,430	-0,520	15.	10,000	1,280
2.	1,005	-2,580	9.	1,670	-0,250	16.	20,000	1,640
3.	1,010	-2,330	10.	2,000	0,000	17.	50,000	2,050
4.	1,050	-1,640	11.	2,500	0,250	18.	100,000	2,330
5.	1,110	-1,280	12.	3,330	0,520	19.	200,000	2,580
6.	1,250	-0,840	13.	4,000	0,670	20.	500,000	2,880
7.	1,330	-0,670	14.	5,000	0,840	21.	1000,000	3,090

Sumber: Suripin, 2004

3. Distribusi Gumbel

Hujan rencana Distribusi *Gumbel* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + S * K \dots\dots\dots(2.8)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

X_T = Debit dengan periode ulang T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata data hujan (mm)

S = Standar deviasi (Persamaan 2.4)

K = Faktor frekuensi *Gumbel*

Y_n = *Reduced mean* (Tabel 2.2)

Y_t = *Reduced variated* = $-\ln - \ln \frac{T-1}{T}$, dengan T = Tahun.....(2.10)

= Nilai Y_t dapat dilihat pada Tabel 2.3

S_n = *Reduced standard deviasi* (Tabel 2.4)

Tabel 2.2 Nilai Y_n (*Reduced mean*)

n	Y_n	N	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	N	Y_n
10	0,4952	29	0,5353	48	0,5477	67	0,5540	86	0,5580
11	0,4996	30	0,5362	49	0,5481	68	0,5543	87	0,5581
12	0,5035	31	0,5371	50	0,5485	69	0,5545	88	0,5583
13	0,5070	32	0,5380	51	0,5489	70	0,5548	89	0,5585
14	0,5100	33	0,5388	52	0,5493	71	0,5550	90	0,5586
15	0,5128	34	0,5396	53	0,5497	72	0,5552	91	0,5587
16	0,5157	35	0,5402	54	0,5501	73	0,5555	92	0,5589
17	0,5181	36	0,5410	55	0,5504	74	0,5557	93	0,5591
18	0,5202	37	0,5418	56	0,5508	75	0,5559	94	0,5592
19	0,5220	38	0,5424	57	0,4411	76	0,5561	95	0,5593
20	0,5236	39	0,5430	58	0,5515	77	0,5563	96	0,5595
21	0,5252	40	0,5436	59	0,5518	78	0,5565	97	0,5596
22	0,5268	41	0,5442	60	0,5521	79	0,5567	98	0,5598
23	0,5283	42	0,5448	61	0,5524	80	0,5569	99	0,5599
24	0,5296	43	0,5453	62	0,5527	81	0,5570	100	0,5600
25	0,5309	44	0,5458	63	0,5530	82	0,5672		
26	0,5320	45	0,5463	64	0,5533	83	0,5574		
27	0,5332	46	0,5468	65	0,5535	84	0,5576		
28	0,5343	47	0,5473	66	0,5538	85	0,5578		

Sumber: Soemarto, 1987

Tabel 2.3 Y_t (*Reduced variated*)

T (tahun)	Y_t (<i>Reduced variated</i>)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9091
100	4,6001

Sumber: Kamiana, 2011

Tabel 2.4 Nilai S_n (*Reduced standard deviasi*)

n	S_n	N	S_n	n	S_n	n	S_n	n	S_n
10	0,9496	29	1,1086	48	1,1574	67	1,1824	86	1,1987
11	0,9676	30	1,1124	49	1,1590	68	1,1834	87	1,1987
12	0,9833	31	1,1159	50	1,1607	69	1,1844	88	1,1994
13	0,9971	32	1,1193	51	1,1623	70	1,1854	89	1,2001
14	1,0095	33	1,1226	52	1,1638	71	1,1854	90	1,2007
15	1,0206	34	1,1255	53	1,1658	72	1,1873	91	1,2013
16	1,0316	35	1,1287	54	1,1667	73	1,1881	92	1,2020
17	1,0411	36	1,1313	55	1,1681	74	1,1890	93	1,2026
18	1,0493	37	1,1339	56	1,1696	75	1,1898	94	1,2032
19	1,0565	38	1,1363	57	1,1708	76	1,1906	95	1,2038
20	1,0628	39	1,1388	58	1,1721	77	1,1915	96	1,2044
21	1,0696	40	1,1413	59	1,1734	78	1,1923	97	1,2049
22	1,0754	41	1,1436	60	1,1747	79	1,1930	98	1,2055
23	1,0811	42	1,1458	61	1,1759	80	1,1938	99	1,2060
24	1,0864	43	1,1480	62	1,1770	81	1,1945	100	1,2065
25	1,0915	44	1,1499	63	1,1782	82	1,1953		
26	1,0861	45	1,1519	64	1,1793	83	1,1959		
27	1,1004	46	1,1538	65	1,1803	84	1,1967		
28	1,1047	47	1,1557	66	1,1814	85	1,1973		

Sumber: Soemarto, 1987

4. Distribusi Log Pearson III

Hujan rencana Distribusi Log Pearson III dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T * S \text{ Log } X \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

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

$\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata dari Log X (Persamaan 2.6)

S Log X = Deviasi standar dari Log X (Persamaan 2.7)

K_T = Variabel standar (dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan 2.6), nilainya ditentukan berdasarkan faktor kemencengan (C_s atau G)

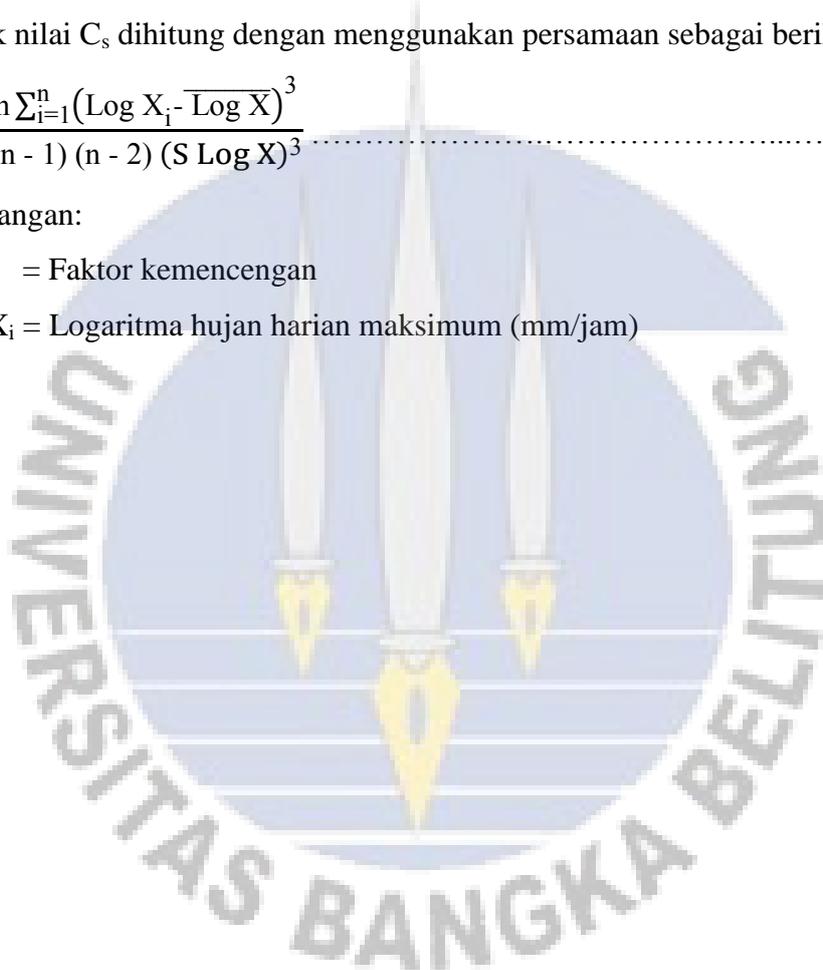
Untuk nilai C_s dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log } X)^3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

C_s = Faktor kemencengan

$\text{Log } X_i$ = Logaritma hujan harian maksimum (mm/jam)



Tabel 2.5 Nilai K_T untuk Distribusi *Log Pearson III* (kemencengan positif)

<i>Skew Coef. C_s or G</i>	<i>Return periode in years</i>										
	1,0101	1,0526	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	<i>Exceedence probability</i>										
	0,99	0,95	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,690	-0,688	-0,681	-0,651	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
2,8	-0,714	-0,711	-0,702	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,740	-0,736	-0,724	-0,681	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,769	-0,762	-0,747	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,832	-0,819	-0,796	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	-0,867	-0,850	-0,819	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444
2,1	-0,946	-0,914	-0,869	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2	-0,990	-0,949	-0,896	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-1,037	-0,984	-0,920	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-1,140	-1,056	-0,970	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-1,256	-1,131	-1,018	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-1,318	-1,163	-1,041	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-1,388	-1,208	-1,064	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-1,518	-1,280	-1,107	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-1,733	-1,388	-1,166	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-1,955	-1,491	-1,216	-0,856	2,311	0,790	3,041	1,323	2,311	2,686	3,041
0,4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	2,261	2,615	2,949	1,328	2,261	2,615	2,949
0,3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	2,211	2,544	2,856	1,317	2,211	2,544	2,856
0,2	-2,175	-1,586	-1,258	-0,850	2,159	2,472	2,763	1,301	2,159	2,472	2,763
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	2,107	2,400	2,670	1,292	2,107	2,400	2,670
0	-2	-1,645	-1,282	-0,842	2,054	2,326	2,576	1,282	2,054	2,326	2,576

Sumber: Soemarto, 1987

Tabel 2.6 Nilai K_T untuk Distribusi *Log Pearson III* (kemencengan negatif)

<i>Skew Coef. C_s or G</i>	<i>Return periode in years</i>										
	1,0101	1,0526	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	<i>Exceedence probability</i>										
	0,99	0,95	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	0,017	0,846	1,270	0,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	-2,825	-1,819	-1,333	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	-3,087	-1,894	-1,341	-0,745	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	-3,211	-1,925	-1,339	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	-3,330	-1,951	-1,333	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	-3,444	-1,972	-1,324	-0,660	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	-3,553	-1,989	-1,310	-0,627	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2	-3,605	-1,996	-1,302	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	-3,656	-2,001	-1,294	-0,592	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	-3,753	-2,009	-1,274	-0,555	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	-3,800	-2,011	-1,262	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,6	-3,889	-2,013	-1,238	-0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	-3,932	-2,012	-1,224	-0,479	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	-3,973	-2,010	-1,210	-0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	-4,013	-2,007	-1,195	-0,440	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber: Soemarto, 1987

2.2.7 Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi yang sesuai data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Parameter statistik dari masing-masing jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No.	Jenis distribusi	Persyaratan
1.	<i>Normal</i>	$(\bar{x} \pm s) = 68,270\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,440\%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2.	<i>Log Normal</i>	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3.	<i>Gumbel</i>	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$
4.	<i>Log Pearson III</i>	Selain dari nilai di atas

Sumber: Triadmodjo, 2008

Adapun persamaan yang digunakan dalam penentuan jenis distribusi adalah sebagai berikut.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien kemencengan

C_v = Koefisien variasi

C_k = Koefisien kurtosis

X_i = Data hujan ke- i

\bar{X} = Nilai hujan rata-rata

n = Jumlah data

S = Standar deviasi (dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.4)

2.2.8 Pengujian Distribusi Probabilitas

Dalam Kamiana (2011), uji distribusi probabilitas dilakukan untuk mengetahui persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili atau tidak terhadap distribusi sampel data yang dianalisis.

Metode pengujian distribusi probabilitas ada 2 macam, yaitu Metode *Chi-Kuadrat* (χ^2) dan Metode *Smirnov-Kolmogorof*.

1. Uji *Chi-Kuadrat* (χ^2)

Uji *Chi-Kuadrat* menggunakan nilai χ^2 yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\chi^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

χ^2 = Nilai *Chi-Kuadrat* terhitung

E_f = Frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

N = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

Derajat nyata atau derajat kepercayaan tertentu (α) nilai χ^2 yang sering diambil adalah 5%. Untuk derajat kebebasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$DK = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

Dk = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

n = Banyaknya data

p = Banyaknya parameter, ditetapkan untuk uji *Chi-Kuadrat* adalah 2

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau dapat dirumuskan

sebagai berikut.

$$\chi^2 < \chi_{cr}^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

χ^2 = Parameter *Chi-Kuadrat* terhitung

χ_{cr}^2 = Parameter *Chi-Kuadrat* kritis (Tabel 2.8)

Tabel 2.8 Nilai parameter *Chi-Kuadrat* kritis (χ_{cr}^2)

Dk	Derajat kepercayaan (α)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno, 1995

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji *Smirnov-Kolmogorof* ditentukan berdasarkan jarak penyimpangan (ΔP_i) dan nilai kritisnya (ΔP). Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai ΔP_i maks harus lebih kecil dari nilai ΔP kritis, maka jenis distribusi yang dipilih dapat digunakan. Nilai ΔP kritis dapat diperoleh dengan menggunakan Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai ΔP kritis Uji *Smirnov-Kolmogorof*

n	α (Derajat kepercayaan)			
	0,200	0,100	0,050	0,010
5	0,450	0,510	0,560	0,670
10	0,320	0,370	0,410	0,490
15	0,270	0,300	0,340	0,400
20	0,230	0,260	0,290	0,360
25	0,210	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,200	0,230	0,270
40	0,170	0,190	0,210	0,250
45	0,160	0,180	0,200	0,240
50	0,150	0,170	0,190	0,230
n > 50	$\frac{1,070}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,220}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,360}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,630}{\sqrt{n}}$

Sumber: Kamiana, 2011

Sedangkan untuk nilai ΔP_i dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$P'(X_i) = 1 - \text{luas wilayah di bawah kurva normal berdasarkan } f(t) \text{ dari masing-masing distribusi probabilitas} \dots \dots \dots (2.22)$$

(luas wilayah di bawah kurva normal ditentukan berdasarkan Tabel 2.10 dan 2.11)

(untuk Distribusi Probabilitas *Normal* dan *Log Normal*)

$$P'(X_i) = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (2.23)$$

(untuk Distribusi Probabilitas *Gumbel*)

$$f(t) = K_T = K = \frac{X_t - \bar{X}}{S} \text{ atau } \frac{X_i - \bar{X}}{S} \dots\dots\dots(2.24)$$

(untuk Distribusi Probabilitas *Normal* dan *Gumbel*)

$$f(t) = K_T = \frac{\text{Log } X_t - \overline{\text{Log } X}}{S \text{ Log } X} \text{ atau } \frac{\text{Log } X_i - \bar{X}}{S \text{ Log } X} \dots\dots\dots(2.25)$$

(untuk Distribusi Probabilitas *Log Normal* dan *Log Pearson III*)

Keterangan:

- ΔP_i = Selisih antara peluang empiris dan teoritis (penyimpangan)
 $P(X_i)$ = Peluang empiris, dapat dihitung dengan menggunakan Rumus *Weibull*.
 n = Jumlah data
 i = Nomor urut data (setelah data diurutkan dari nilai besar ke kecil)
 $P'(X_i)$ = Peluang teoritis
 $f(t)$ = Faktor frekuensi
 X_T = Debit dengan periode ulang T tahun (mm)
 \bar{X} = Nilai rata-rata data hujan (mm)
 S = Standar deviasi (Persamaan 2.4)
 $\text{Log } X_i$ = Logaritma hujan harian maksimum (mm/jam)
 $\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun
 $\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata dari $\text{Log } X$ (Persamaan 2.6)
 $S \text{ Log } X$ = Deviasi standar dari $\text{Log } X$ (Persamaan 2.7)

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta P_i \text{ maksimum} < \Delta P \text{ kritis} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

- $\Delta P_i \text{ maksimum}$ = Parameter *Smirnov-Kolmogorof* terhitung
 $\Delta P \text{ kritis}$ = Parameter *Smirnov-Kolmogorof* kritis (Tabel 2.9)

Tabel 2.10 Luas wilayah di bawah kurva normal $f(t)$ negatif

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,7286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641

Sumber: Kamiana, 2011

Tabel 2.11 Luas wilayah di bawah kurva normal $f(t)$ positif

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9696	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Sumber: Kamiana, 2011

2.2.9 Periode Ulang

Dalam Kamiana (2011), periode ulang adalah waktu hipotetik debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam

jangka waktu tersebut. Berdasarkan data debit/hujan untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan debit/hujan yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan debit/hujan tersebut dikenal sebagai debit/hujan dengan periode ulang T tahun.

Penentuan periode ulang berdasarkan luas daerah pengaliran dan jenis kota yang akan direncanakan mengacu pada Permen PU No.12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Periode ulang berdasarkan tipologi kota

Tipologi kota	Daerah tangkapan air (Ha)			
	< 10	10 - 100	101- 500	> 500
Kota Metropolitan	2 tahun	2 - 5 tahun	5 - 10 tahun	10 - 25 tahun
Kota Besar	2 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	5 - 20 tahun
Kota Sedang	2 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	5 - 10 tahun
Kota Kecil	2 tahun	2 tahun	2 tahun	2 - 5 tahun

Sumber: Permen PU No.12/PRT/M/2014

2.2.10 Debit Limpasan Air Hujan

Dalam Suripin (2004), dijelaskan bahwa limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan, aliran-aliran yang tertunda pada cekungan-cekungan, dan aliran bawah permukaan. Untuk merancang sebuah penampungan dan sumur resapan air hujan, perlu diketahui debit air hujan yang melimpas di atap bangunan. Metode yang digunakan untuk memperkirakan debit limpasan ini menggunakan Metode Rasional (1973). Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut.

$$Q = C * I * A \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan:

Q = Laju aliran permukaan (m³/detik)

C = Koefisien aliran permukaan (Tabel 2.11)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas atap bangunan (m²)

Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan (Suripin, 2004) adalah sebagai berikut.

1. Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman hujan per satuan waktu (Suripin, 2004). Apabila data hujan yang dimiliki merupakan data hujan harian, maka persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan adalah dengan menggunakan metode Mononobe sebagai berikut.

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) * \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum/hujan rencana (mm)

t = Lamanya hujan/waktu konsentrasi (jam)

2. Luas Area/Wilayah

Luas area/wilayah yang dimaksud adalah luas daerah tangkapan hujan. Luas area/wilayah menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah limpasan air hujan yang terjadi.

3. Tata Guna Lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Nilai C untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Koefisien limpasan untuk Metode Rasional

No.	Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran (C)
1.	Bisnis	
	a. Perkotaan	0,700 - 0,950
	b. Pinggiran	0,500 - 0,700
2.	Perumahan	
	a. Rumah tunggal	0,300 - 0,500
	b. Multiunit, terpisah	0,400 - 0,600
	c. Multiunit, tergabung	0,600 - 0,750
	d. Perkampungan	0,250 - 0,400
	e. Apartemen	0,500 - 0,700
3.	Industri	
	a. Ringan	0,500 - 0,800
	b. Berat	0,600 - 0,900
4.	Perkerasan	
	a. Aspal dan beton	0,700 - 0,950
	b. Batu bata, paving	0,500 - 0,700
5.	Atap	0,750 - 0,950
6.	Halaman, tanah berpasir	
	a. Datar 2%	0,050 - 0,100
	b. Rata-rata 2-7%	0,100 - 0,150
	c. Curam 7%	0,150 - 0,200
7.	Halaman, tanah berat	
	a. Datar 2%	0,130 - 0,170
	b. Rata-rata 2-7%	0,180 - 0,220
	c. Curam 7%	0,250 - 0,350
8.	Halaman Kereta Api	0,100 - 0,350
9.	Taman Tempat Bermain	0,200 - 0,350
10.	Taman, Perkuburan	0,100 - 0,250
11.	Hutan	
	a. Datar 0-5%	0,100 - 0,400
	b. Bergelombang 5-10%	0,250 - 0,500
	c. Berbukit 10-30%	0,300 - 0,600

Sumber: Suripin, 2004

2.2.11 Air Baku

Menurut Permen PU No. 06/PRT/M/2011, air baku adalah air yang diambil dari sumber air permukaan untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Pada rumah

tinggal, salah satu kebutuhan air yang harus dipenuhi adalah air domestik. Yang termasuk dalam air domestik adalah kebutuhan air dalam rumah tangga seperti air untuk mencuci, memasak, dan kakus.

Menurut Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjend Cipta Karya DPU dalam Triadmodjo (2008), kebutuhan air baku adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan air untuk perkantoran, ditetapkan 25 liter/pegawai/hari, yang merupakan rerata kebutuhan untuk air minum, wudhu, mencuci tangan/kaki, kakus dan lain sebagainya yang berhubungan dengan keperluan air di kantor.
2. Kebutuhan air untuk peribadatan, dihitung berdasarkan luas bangunan rumah ibadah (m^2) yaitu sebesar 50 liter/hari/ m^2 .

Dari ketentuan kebutuhan air di atas, maka jumlah kebutuhan air total (Q) dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q \text{ kantor desa} = \text{Jumlah karyawan} * \text{Kebutuhan air per orang} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$Q \text{ masjid} = \text{Luas lantai} * \text{Kebutuhan air per hari} \dots\dots\dots(2.30)$$

2.2.12 Pemanenan Air Hujan

Konsep pemanenan air hujan adalah mengumpulkan air hujan dalam suatu kolam pengumpul yang kemudian dapat dimanfaatkan ketika musim kemarau terjadi. Menurut *Worm* dan *Hattum* (2006) kelebihan dan kekurangan dari pemanenan air hujan dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Kelebihan dan kekurangan PAH

Kelebihan pemanenan air hujan	Kekurangan pemanenan air hujan
Konstruksi yang sederhana	Merupakan investasi dengan biaya yang tinggi
Perawatan yang baik karena dilakukan oleh pengguna	Memerlukan perawatan yang rutin
Menghasilkan kualitas air yang baik	Kualitas air dipengaruhi oleh polusi (udara)
Tidak memberikan dampak buruk pada lingkungan	Pada kasus musim kering yang panjang dapat terjadi masalah dalam ketersediaan air
Penyediaan air sesuai dengan tingkat konsumsi	Suplai terbatas pada ukuran atap dan tampungan
Tidak dipengaruhi kondisi geologi dan topografi	

Sumber: *Worm dan Hattum, 2006*

1. Komponen Pemanenan Air Hujan

Menurut *Worm dan Hattum* (2006), setiap sistem pemanenan air hujan memiliki tiga komponen dasar, yaitu:

a. Daerah Tangkapan Air

Daerah tangkapan air berfungsi untuk menangkap air sebelum jatuh ke tanah dan mengumpulkan airnya ke tempat penyimpanan. Daerah tangkapan air berupa atap rumah yang dapat terbuat dari genteng atau seng.

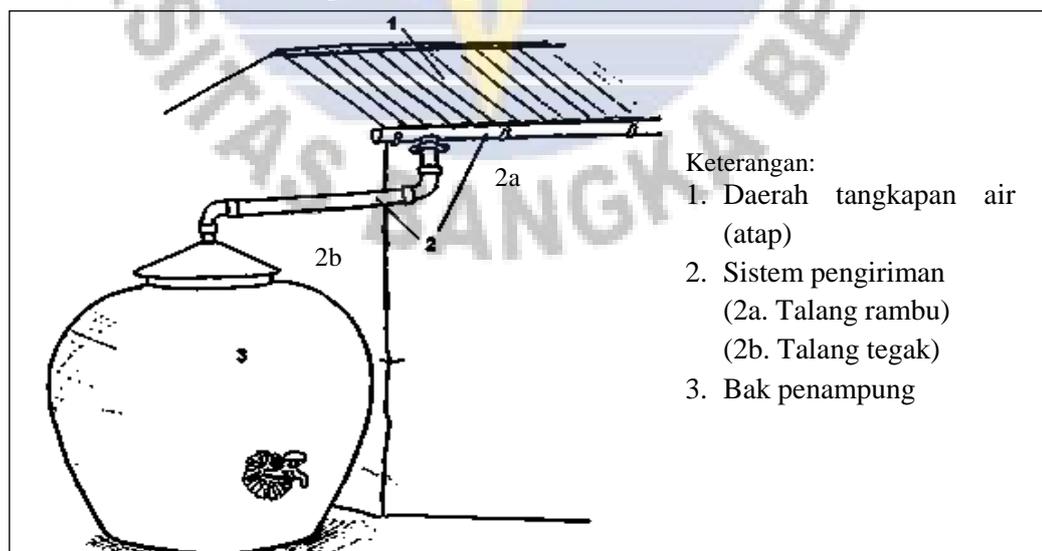
b. Sistem Pengiriman

Sistem pengiriman berfungsi untuk mengangkut air dari atap ke tempat penyimpanan. Sistem pengiriman ini berupa talang rambu dan talang tegak. Talang rambu adalah talang yang menampung air hujan dari atap, sedangkan talang tegak adalah talang yang menampung air hujan dari talang tegak dan meneruskannya ke penampungan.

c. Bak Penampung

Bak penampung berfungsi sebagai reservoir/bak untuk menampung air hujan yang dikumpulkan pada saat musim hujan, atau dapat juga digunakan untuk menampung air bersih yang didistribusikan melalui mobil tangki air.

Komponen dasar PAH dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: *Worm dan Hattum*, 2006

Gambar 2.3 Komponen dasar PAH

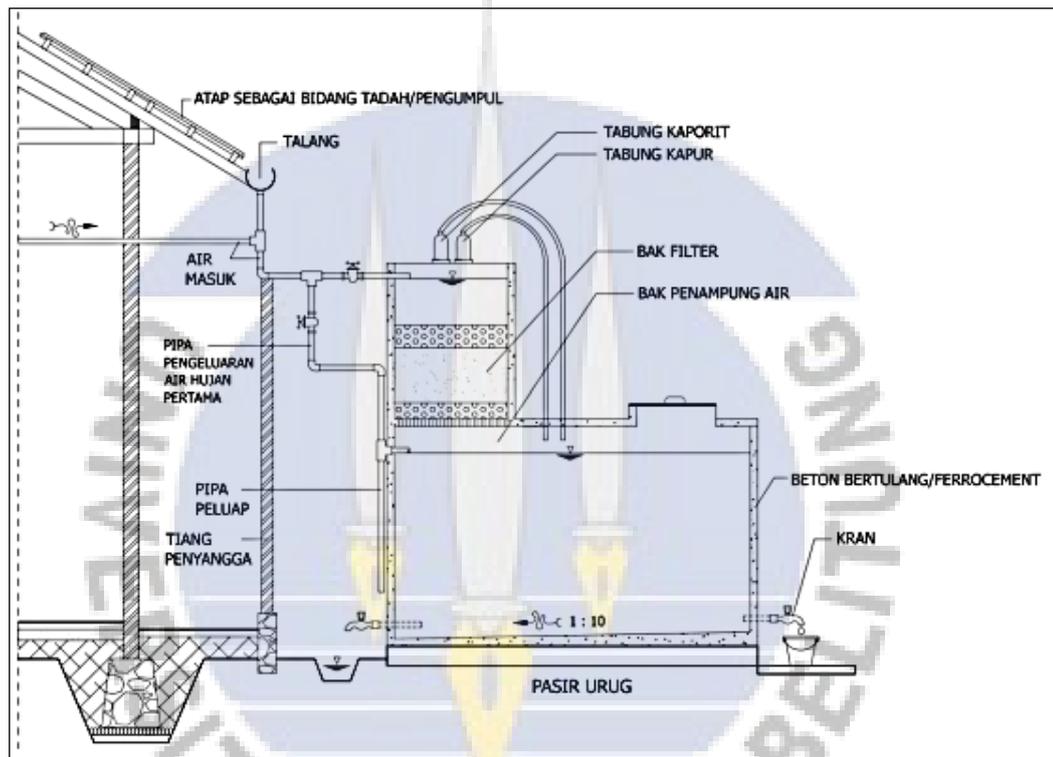
Jika ingin air hujan yang dihasilkan pada kolam PAH berkualitas tinggi atau air pada kolam PAH digunakan sebagai air minum, maka dibutuhkan komponen yang banyak sehingga air yang dihasilkan sangat bersih. Komponen lengkap dalam sistem pemanenan air hujan dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan Gambar 2.4.

Tabel 2.15 Komponen pemanenan air hujan

No.	Komponen	Fungsi	Keterangan
1.	Bidang penangkap air	Menangkap air hujan sebelum mencapai tanah	Atap rumah terbuat dari genteng atau seng
2.	Talang air/pembawa (talang rambu dan talang tegak)	Mengumpulkan atau menangkap air hujan yang jatuh pada bidang penangkap dan mengumpulkan ke bak penampung	Talang dilengkapi dengan alat pengalihan untuk mengatur arah aliran menuju bak penampung
3.	Saringan	Menyaring air hujan dari kotoran. Media penyaring dapat berupa pasir dengan kerikil/pecahan bata/marmer sebagai penyangga	Diletakkan di atas bak penampung dan/atau sebelum kran
4.	Lubang periksa (<i>manhole</i>)	Memberikan akses untuk masuk ke dalam bak penampung pada saat memperbaiki dan/atau membersihkan	Harus ditutup
5.	Kolam penampung	Berfungsi sebagai reservoir/bak untuk menampung air hujan dengan aman yang dikumpulkan sewaktu musim hujan atau dapat juga digunakan untuk menampung air bersih yang didistribusikan melalui mobil tangki air/kapal tangki air. Air ini dimanfaatkan hanya sebagai air minum. Dengan adanya pemanenan air hujan ini diharapkan kebutuhan air minum keluarga akan terjamin pada musim kemarau	Terbuat dari bahan ferro semen, pasangan bata, drum besi, <i>fiberglass reinforced plastic (FRP)</i>
6.	Pipa masukan	Mengalirkan air ke dalam bak penampung	
7.	Pipa peluap	Meluapkan air hujan yang melebihi kapasitas penampung dan berfungsi sebagai pipa udara/ventilasi	Harus ditutup dengan kassa nyamuk
8.	Kran pengambil air	Untuk mengeluarkan atau mengambil air dari bak penampung bagi konsumen	
9.	Kran/pipa penguras	Untuk jalan air keluar saat menguras kolam PAH	

No.	Komponen	Fungsi	Keterangan
10.	Saluran pembuangan	Untuk menyalurkan air buangan agar kolam PAH tetap bersih dan kering	
11.	Pipa udara	Untuk mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam air hujan	
12.	Lantai	Tempat bangunan kolam PAH dan tempat aktifitas pengambilan air	

Sumber: Lampiran IV Permen PU No.01/PRT/M/2009



Sumber: Lampiran IV Permen PU No.01/PRT/M/2009

Gambar 2.4 Komponen lengkap pemanenan air hujan

2. Spesifikasi Bahan Kolam PAH

Menurut Permen PU No.01/PRT/M/2009 kolam PAH dapat terbuat dari bahan ferro semen, pasangan bata, dan *fiberglass reinforced plastic* (FRP).

- Ferro semen adalah dinding beton yang tipis dengan tulangan yang berlapis dari tulangan jenis diagonal berdiameter kecil (kawat ayam) dan kawat seng.
- Pasangan bata adalah bak penampung dari bata yang disusun dengan menggunakan adukan mortar.

- c. *Fiberglass reinforced plastic* (FRP) adalah bak penampung dari plastik yang diperkuat dengan serat.

Sedangkan bahan dari besi atau drum tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai kolam PAH karena sifatnya mudah berkarat dan mudah menyerap panas. Spesifikasi bahan kolam PAH dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Ketentuan bahan kolam PAH

No.	Bahan bak penampung	Volume maksimal	Acuan perencanaan/ bahan	Keterangan
1.	Ferro semen	Sesuai perhitungan perencanaan	Pt S-04-2000-C	Individual/skala kelompok masyarakat
2.	Pasangan bata	Sesuai perhitungan perencanaan	Pt S-05-2000-C	Individual/skala kelompok masyarakat
3.	FRP	4 m ³	Sesuai ketentuan dalam modul terminal air	Individual/skala kelompok masyarakat

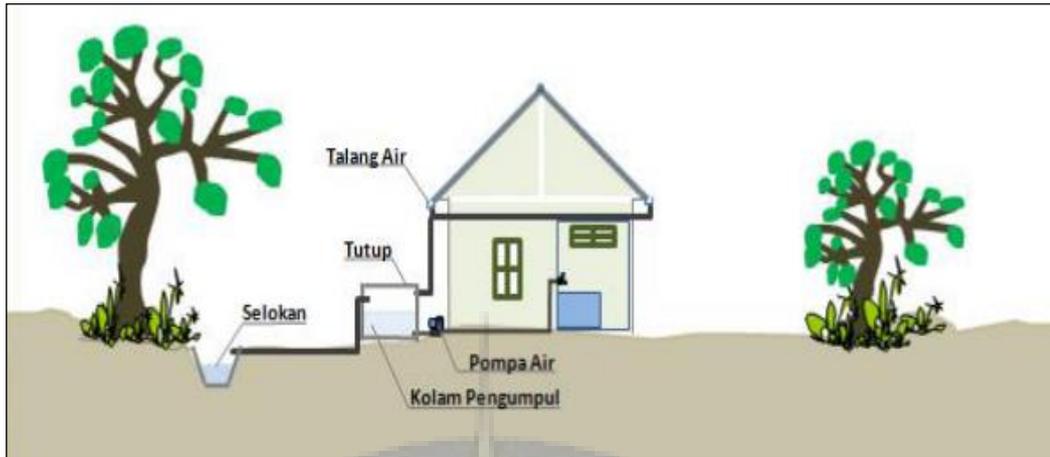
Sumber: Permen PU No.01/PRT/M/2009

3. Spesifikasi Penempatan Kolam PAH

Kolam PAH dapat diletakkan di atas atau bawah permukaan tanah. Menurut Permen Lingkungan Hidup No. 12 tahun 2009 tentang Pemanfaatan Air Hujan, spesifikasi penempatan PAH adalah sebagai berikut.

- a. Kolam PAH di Atas Permukaan Tanah

Kolam pengumpul yang diletakkan di atas permukaan tanah harus memenuhi karakteristik yaitu, muka air tanah dangkal lebih kecil dari 1 m, dan jenis tanah yang mempunyai kapasitas infiltrasi rendah seperti tanah lempung atau tanah liat, kawasan karst, rawa, dan/atau gambut. Contoh penempatan kolam PAH dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber: Permen Lingkungan Hidup p No. 12 Tahun 2009

Gambar 2.5 Kolam PAH di atas permukaan tanah

b. Kolam PAH di Bawah Permukaan Tanah

Kolam pengumpul yang diletakkan di bawah permukaan tanah harus memenuhi karakteristik yaitu, daerah bebas banjir, muka air tanah dangkal lebih besar dari 2 m, keterbatasan ruang di atas tanah, dan/atau daerah dengan ketinggian permukaan tanah minimal di atas 10 m di atas permukaan laut dengan luas lahan terbatas. Contoh penempatan kolam PAH dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber: Permen Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009

Gambar 2.6 Kolam PAH di bawah permukaan tanah

4. Perhitungan Volume Kolam PAH

Untuk menentukan volume kolam PAH dilakukan hal-hal sebagai berikut.

a. Menghitung Banyaknya Kebutuhan Air

Kebutuhan air terdiri dari kebutuhan air total dan kebutuhan air baku. Kebutuhan air baku adalah jumlah kebutuhan air satu keluarga selama satu hari, sedangkan kebutuhan air total adalah banyaknya kebutuhan air baku selama satu minggu. Menurut Asdak (2004), luas bak penampungan air hujan sebaiknya dibuat melebihi keperluan air yang dibutuhkan, yaitu dengan melebihi 50% kebutuhan air pada tingkat minimum. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya periode kekeringan yang panjang, sehingga air yang ada dalam penampungan diharapkan mencukupi kebutuhan air saat kemarau. Kebutuhan air dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kebutuhan air total } (Q_{\text{Total}}) = \text{Kebutuhan air baku} * \text{Jumlah hari} \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan:

$$\text{Kebutuhan air total } (Q_{\text{Total}}) = \text{Banyaknya kebutuhan air baku dalam satu minggu } (m^3/\text{minggu})$$

b. Menghitung Volume Air Hujan yang Tertampung

Volume air hujan yang tertampung adalah air hujan yang melimpas dari atap rumah kemudian disimpan dalam tampungan dan dapat digunakan sebagai air baku. Menurut Asdak (2004), sebagai perkiraan untuk 1 mm curah hujan yang jatuh di atas atap yang berukuran 1 m² akan menghasilkan air tampungan sebesar 0,8 liter setelah mempertimbangkan kehilangan air oleh proses evaporasi dan kebocoran air lainnya.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung volume air hujan yang tertampung dalam kolam PAH adalah hasil substitusi dan modifikasi yang dilakukan Maryono (2016) dari hubungan antara debit, volume air hujan, dan durasi hujan dengan hubungan antara debit, kecepatan air hujan, dan luas penampang pipa talang. Volume air hujan yang tertampung dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.32.

$$V = n * Q * \beta * t \dots \dots \dots (2.32)$$

Keterangan:

V = Volume air hujan yang tertampung (m³/minggu)

n = Jumlah hari hujan dalam satu minggu

Q = Debit limpasan air hujan (m³/detik), dihitung dengan menggunakan
Persamaan 2.27

β = Koefisien distribusi hujan, ditetapkan 1

t = Durasi hujan (detik)

c. Menghitung volume kolam PAH

Volume kolam PAH adalah ukuran atau dimensi kolam atau wadah yang dibutuhkan untuk menampung air hujan. Volume kolam PAH adalah sama dengan volume air hujan yang tertampung.

2.2.13 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan sumur yang menampung air hujan dari atap kemudian akan diresapkan ke dalam tanah. Persyaratan umum yang harus diperhatikan dalam perencanaan sumur resapan (SNI 8456-2017) adalah sebagai berikut.

1. Sumur resapan ditempatkan pada lahan yang relatif datar dengan kemiringan maksimum lebih kecil dari 2 %.
2. Air yang masuk kedalam sumur resapan adalah limpasan air hujan.
3. Penempatan sumur resapan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya (dapat dilihat pada Tabel 2.18).
4. Sumur resapan resapan bisa dibuat secara individual atau komunal.
5. Harus memperhatikan peraturan daerah setempat dan hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui oleh instansi yang berwenang.

Selain persyaratan umum, persyaratan teknis yang harus dipenuhi dalam perencanaan sumur resapan (SNI 8456-2017) adalah sebagai berikut.

1. Sumur resapan digunakan untuk kedalaman air tanah lebih besar dari 2 m.

2. Penampang sumur resapan berbentuk lingkaran atau persegi, dapat digunakan bentuk yang lain dengan mempertimbangkan kemudahan dalam pengerjaan.
3. Ukuran sisi penampang sumur resapan air hujan 80 - 100 cm.
4. Struktur tanah yang digunakan memiliki nilai koefisien permeabilitas tanah lebih besar dari 2 cm/jam dengan klasifikasi sebagai berikut.
 - a. Nilai permeabilitas tanah sedang (jenis tanah lanau 2,0 - 3,6 cm/jam).
 - b. Nilai permeabilitas tanah agak cepat (jenis tanah pasir halus 3,6 - 36 cm/jam).
 - c. Nilai permeabilitas tanah cepat (jenis tanah pasir kasar lebih besar dari 36 cm/jam).
5. Periode ulang 2 tahunan terlampaui
6. Durasi hujan digunakan 2 jam.

Dalam membangun sumur resapan harus memperhatikan jarak sumur resapan dengan bangunan di sekitarnya. Jarak minimum sumur resapan terhadap bangunan di sekitarnya dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Jarak minimum sumur air hujan terhadap bangunan

No.	Jenis bangunan	Sumur resapan air hujan (m)	Parit resapan air hujan (m)
1.	Pondasi bangunan/tangki septik	1	1
2.	Bidang resapan/sumur resapan tangki septik	5	5
3.	Sumur resapan air hujan/sumur air bersih	3	-

Sumber: SNI 8456:2017

1. Spesifikasi Komponen Sumur Resapan

Dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009 tentang Pemanfaatan Air Hujan, spesifikasi komponen sumur resapan dangkal adalah sebagai berikut.

- a. Sumur resapan dangkal dibuat dalam bentuk bundar atau empat persegi dengan menggunakan batako, bata merah atau buis beton.

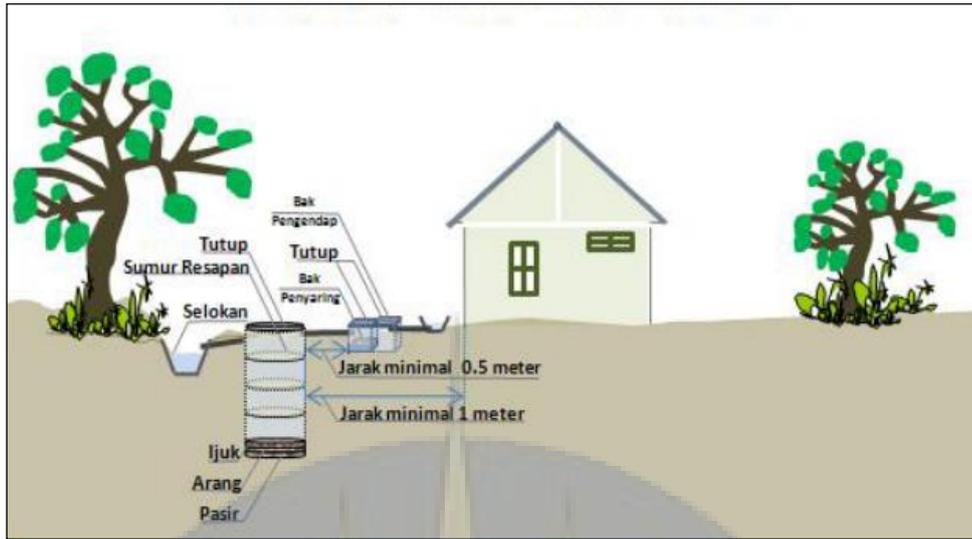
- b. Sumur resapan dangkal dibuat pada kedalaman antara 0,5 - 10 m di atas muka air tanah dangkal, dilengkapi dengan ijuk, koral, serta pasir sebesar 25% dari volume sumur resapan dangkal.
- c. Sumur resapan dangkal dilengkapi dengan bak kontrol sebagai pengendap, yang dibangun berjarak 50 cm dari sumur resapan dangkal.
- d. Sumur resapan dangkal dan bak kontrol dilengkapi dengan penutup yang dapat dibuat dari beton bertulang atau plat besi.
- e. Membuat saluran air dari talang rumah atau di atas permukaan tanah untuk dimasukkan ke dalam sumur. Sumur resapan yang sumber airnya dialirkan melalui talang bangunan tidak perlu membuat bak Kontrol.
- f. Memasang pipa pembuangan sebagai saluran limpasan jika air dalam sumur resapan sudah penuh.

Contoh penempatan sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.



Sumber: Permen Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009

Gambar 2.7 Sumur resapan dangkal dengan talang bangunan



Sumber: Permen Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2009

Gambar 2.8 Sumur resapan dangkal dengan saluran terbuka

2. Kedalaman Sumur Resapan

Menurut Sunjoto (1988), secara teoritis kedalaman dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur resapan dan air yang meresap ke dalam tanah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{F * K} \left(1 - \exp \left(- \frac{F * K * T}{\pi * R^2} \right) \right) \dots \dots \dots (2.33)$$

Keterangan:

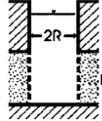
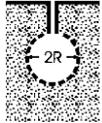
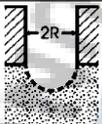
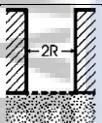
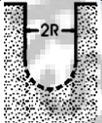
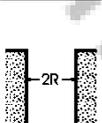
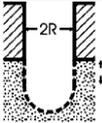
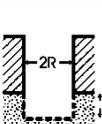
- H = Tinggi muka air dalam sumur (m)
- Q = Debit air masuk (m³/jam)
- F = Faktor geometrik (m)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (m/jam)
- T = Waktu pengaliran (detik)
- R = Jari-jari sumur (m)

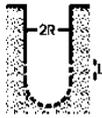
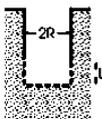
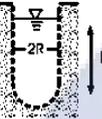
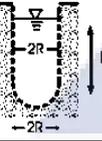
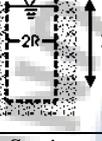
3. Faktor Geometrik (F)

Sunjoto (2011) menuliskan bahwa faktor geometrik (*shape factor*) adalah adalah suatu harga yang mewakili dari bentuk ujung sumur, tampang, radius,

kekedapan dinding serta perletakannya dalam lapisan tanah. Faktor geometrik sumur resapan dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Faktor geometrik sumur resapan (F)

No	Kon-disi	Faktor geometrik (F)	F jika R=1; H=0; L=0, kecuali F ₁ →L=1	Referensi
1.		$F_1 = \frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{2(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{2L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	2,980	Sunjoto (1989)
2.		$F_{2a} = 4\pi R$	12,566	Samsioe (1931) Dacher (1936) Aravin (1965)
		$F_{2b} = 18R$	18,000	Sunjoto (2002)
3.		$F_{3a} = 2\pi R$	6,283	Samsioe (1931) Dacher (1936) Aravin (1965)
		$F_{3b} = 4R$	4,000	Forcheimer (1930) Dacher (1936) Aravin (1965)
4.		$F_{4a} = \pi^2 R$	9,870	Sunjoto (2002)
		$F_{4b} = 5,500R$	5,500	Harza (1935) Taylor (1948) Hvorslev (1951)
		$F_{4b} = 2\pi R$	6,283	Sunjoto (2002)
5.		$F_{5a} = \frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	6,227	Sunjoto (2002)
		$F_{5b} = \frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	0/0	Dachler (1936)
		$F_{5b} = \frac{2\pi L + 2\pi R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right\}}$	3,964	Sunjoto (2002)

No	Kon- disi	Faktor geometrik (F)	F jika R=1; H=0; L=0, kecuali F ₁ →L=1	Referensi
6.		$F_{6a} = \frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(L + 2R)}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	9,870	Sunjoto (2002)
		$F_{6b} = \frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	0/0	Dachler (1936)
		$F_{6b} = \frac{2\pi L + 2\pi R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(L + 2R)}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R}\right)^2 + 1} \right\}}$	6,283	Sunjoto (2002)
7.		$F_{7a} = \frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(H + 2R)}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1} \right\}}$	13,392	Sunjoto (2002)
		$F_{7b} = \frac{2\pi H + 2\pi R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{(H + 2R)}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1} \right\}}$	8,525	Sunjoto (2002)

Sumber: Sunjoto, 2011

4. Koefisien Permeabilitas Tanah (K)

Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk meloloskan air. Untuk tanah, permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah (Hardiyatmo, 2017). Dalam penelitian ini nilai permeabilitas tanah ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Angka koefisien permeabilitas tanah (K)

Jenis tanah	K (cm/detik)
Kerikil bersih	1,00 - 100
Pasir kasar	1,00 - 0,01
Pasir halus	0,01 - 0,001
Lanau	0,001 - 0,00001
Lempung	Kurang dari 0,00001

Sumber: Braja M. Das, 1985

Untuk mengetahui jenis tanah digunakan pengklasifikasian tanah dengan *Unified Soil Classification System (USCS)*. Menurut Hardiyatmo (2017), pada

pengklasifikasian tanah dengan *Unified Soil Classification System* (USCS) jenis tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika tanah yang lolos saringan No. 200 kurang dari 50%, sedangkan tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 50%. Setelah diketahui jumlah lolos saringan pada No. 200, maka selanjutnya menentukan klasifikasi tanah dalam kelompok dan subkelompok tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 2.21. Simbol yang dipakai dalam *USCS* untuk mengklasifikasikan jenis tanah adalah sebagai berikut.

G = Kerikil (*Gravel*)

S = Pasir (*Sand*)

C = Lempung (*Clay*)

M = Lanau (*Silt*)

O = Lanau atau lempung organik (*Organic silt or clay*)

P_t = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*Peat and highly organic soil*)

W = Gradasi baik (*Well-graded*)

P = Gradasi buruk (*Poorly-graded*)

H = Plastisitas tinggi (*High-plasticity*)

L = Plastisitas rendah (*Low-plasticity*)

Tabel 2.20 Sistem klasifikasi tanah USCS

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama jenis	Nama jenis
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no.4 (4,750 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} > \text{antara 1 dan 3}$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	
Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ simbol
	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	
Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,750 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} > \text{antara 1 dan 3}$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campur pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ simbol
	SC	Pasir berlempung, campur pasir-lempung	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram plastisitas. Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terlewatkan dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	MH	Lempung tak organik atau pasir halus datar, lanau elastis	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Sumber: Hardiyatmo, 2017

Penentuan klasifikasi tanah dengan *Unified Soil Classification System* (USCS) dilakukan prosedur sebagai berikut.

- a. Tentukan jenis tanah merupakan berbutir kasar atau berbutir halus secara visual atau dengan menggunakan saringan No. 200.
- b. Jika tanah merupakan berbutir kasar dapat ditentukan dengan langkah sebagai berikut.
 - 1) Saring tanah dan gambarkan grafik gradasi butiran.
 - 2) Tentukan persentase butiran yang lolos pada saringan No.4. Jika persentase butiran tanah yang lolos kurang dari 50%, maka klasifikasikan tanah kedalam jenis tanah kerikil. Sedangkan jika persentase butiran tanah yang lolos lebih dari 50%, maka klasifikasikan tanah kedalam jenis tanah pasir.
 - 3) Tentukan persentase butiran yang lolos pada saringan No.200. Jika persentase butiran tanah yang lolos kurang dari 5%, harus dipertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung nilai C_u dan C_c , jika menunjukkan gradasi butiran bergradasi baik maka klasifikasikan tanah sebagai *GW* (jika kerikil) atau *SW* (jika pasir). Tetapi, jika menunjukkan gradasi butiran bergradasi baik maka klasifikasikan tanah sebagai *GP* (jika kerikil) atau *SP* (jika pasir).
 - 4) Jika persentase butiran tanah yang lolos antara 5% sampai 12%, jenis tanah akan disimbolkan dengan simbol jenis tanah ditambah dengan simbol keplastisitasan tanahnya (seperti *GW-GM* dan *SW-SM*).
 - 5) Jika persentase butiran tanah yang lolos lebih dari 12%, maka harus dilakukan pengujian terhadap batas-batas *Atterberg*. Dengan dilakukannya pengujian ini maka harus disingkirkan jumlah tanah yang tertahan saringan pada No.40. Kemudian gunakan diagram plastisitas dan tentukan jenis tanahnya (seperti *GM*, *GC*, *SM*, *SC*, *GM-GC*, atau *SM-SC*).
- c. Jika tanah merupakan berbutir halus dapat ditentukan dengan langkah sebagai berikut.
 - 1) Lakukan pengujian terhadap batas-batas *Atterberg*, dengan menyingkirkan jumlah tanah yang tertahan saringan pada No.40. Jika

- 2) batas cair lebih dari 50%, maka klasifikasikan tanah sebagai *H* (tanah plastisitas tinggi). Tetapi, jika batas cair kurang dari 50%, maka klasifikasikan tanah sebagai *L* (tanah plastisitas rendah).
- 3) Untuk tanah sebagai *H* (tanah plastisitas tinggi), jika plot batas-batas *Atterberg* berada pada grafik plastisitas di bawah garis A, lalu tentukan tanah tersebut sebagai organik (*OH*) atau nonorganik (*MH*). Tetapi, jika plot batas-batas *Atterberg* berada pada grafik plastisitas di atas garis A, maka klasifikasikan tanah sebagai *CH*.
- 4) Untuk tanah sebagai *L* (tanah plastisitas rendah), jika plot batas-batas *Atterberg* berada pada grafik plastisitas di bawah garis A dan daerah yang diarsir, lalu tentukan tanah tersebut sebagai organik (*OL*) atau nonorganik (*ML*). Hal ini ditentukan berdasarkan warna, bau, atau perubahan batas cairnya dengan cara mengeringkannya dengan oven.
- 5) Jika plot batas-batas *Atterberg* berada pada grafik plastisitas pada daerah yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL 50% maka gunakan simbol ganda.

Untuk menentukan klasifikasi tanah berjenis pasir menggunakan SNI 03 - 6371 - 2000 tentang Tata Cara Pengklasifikasian Tanah dengan Cara Unifikasi Tanah. Klasifikasi tanah berpasir ditentukan sebagai berikut.

- a. Pasir kasar, adalah butiran batuan yang lolos saringan No. 4 (4,750 mm) dan tertahan pada saringan No. 10 (2 mm).
- b. Pasir sedang, adalah butiran batuan yang lolos saringan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan No. 40 (0,250 mm).
- c. Pasir halus, adalah butiran batuan yang lolos saringan No. 40 (0,250 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm).

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan jenis tanah dalam klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System (USCS)* adalah sebagai berikut.

- a. Analisa Ukuran Butiran Tanah

Analisa ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 2017). Analisa saringan dilakukan untuk menentukan

diameter butiran pada tanah, yang akan diketahui sifat-sifat tanahnya. Untuk menentukan jenis klasifikasi tanah, ukuran butiran tanah sangat penting untuk dijadikan dasar pemberian nama. Besar ukuran saringan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Ukuran saringan

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)
4	4,750
8	2,360
10	2,000
16	1,180
30	0,850
40	0,425
50	0,250
100	0,150
200	0,075

Sumber: SNI 3423:2008

Persamaan yang digunakan dalam analisa butiran tanah adalah sebagai berikut.

$$JK = W_{t \text{ sekarang}} + JK_{\text{sebelum}} \dots \dots \dots (2.34)$$

$$\% W_{t \text{ sekarang}} = \frac{W_{t \text{ sekarang}}}{W_d} * 100\% \dots \dots \dots (2.35)$$

$$\% W_t = \frac{JK}{W_d} * 100\% \dots \dots \dots (2.36)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \% W_t \dots \dots \dots (2.37)$$

Keterangan:

JK = Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)

$W_{t \text{ sekarang}}$ = Berat tanah tetahan sekarang (gram)

JK_{sebelum} = Jumlah Berat tertahan kumulatif sebelumnya (gram)

$\% W_{t \text{ sekarang}}$ = Persentase berat tanah tetahan sekarang

$\% W_t$ = Persentase berat tanah tetahan kumulatif

W_d = Berat tanah kering (gram)

b. Pengujian Batas *Atterberg*

Dalam Hardiyatmo, (2017) pengujian ini sangat penting untuk mengklasifikasikan jenis tanah. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan sifat plastisitas tanah yang diteliti. Batas-batas tersebut adalah sebagai berikut.

1) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*LL*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas cair (*PL*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak ketika digulung.

3) Indeks Plastis (*Plastic Index*)

Indeks plastis adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, yang dapat diketahui nilainya dengan persamaan berikut.

$$PI = PL - LL \dots\dots\dots(2.38)$$

Indeks plastis adalah interval kadar air saat tanah masih bersifat plastis.

Oleh sebab itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitan tanah.

Batasan indeks plastis dan macam tanah dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo, 2017