



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Perencanaan

Perencanaan kolam PAH terintegrasi sumur resapan dilakukan pada kantor desa dan masjid di Desa Kayu Besi, Kecamatan Puding Besar, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi pengambilan data pada perencanaan ini ditampilkan pada Gambar 4.1



Sumber : Google Earth, 2020

Gambar 4.1 Titik lokasi pengukuran atap dan pengeboran tanah

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat lokasi pengukuran atap dan luas bangunan pada masjid Desa Kayu Besi, sedangkan luas kantor Desa Kayu Besi diperoleh dari gambar rencana pada arsip data Desa Kayu Besi. Angka 1,2,3,4, dan 5 pada gambar di atas menunjukkan lokasi pengambilan sampel tanah dengan teknik *hand boring*.

4.2 Curah Hujan Andalan

Dalam pemanfaatan air hujan sebagai air baku, perlu diketahui nilai curah hujan andalan sebesar 90%. Data hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan andalan pada perencanaan ini adalah data hujan selama 10 tahun (2010 - 2019), data hujan ini diperoleh dari Stasiun Hujan Depati Amir Pangkalpinang (Sumber: <http://dataonline.bmkg.go.id/>).

Tabel 4.1 Hujan andalan

No.	Tahun	Curah hujan tahunan (mm/tahun)	No.	Curah hujan tahunan (mm/tahun)	Probabilitas (%)	Tahun
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1.	2010	3444,3	1.	3444,3	9,091	2010
2.	2011	2852	2.	2993,5	18,182	2016
3.	2012	2016,3	3.	2852	27,273	2011
4.	2013	2544,4	4.	2544,4	36,364	2013
5.	2014	1617,9	5.	2521,8	45,455	2017
6.	2015	795,8	6.	2016,3	54,545	2012
7.	2016	2993,5	7.	2001,5	63,636	2019
8.	2017	2521,8	8.	1926,6	72,727	2018
9.	2018	1926,6	9.	1617,9	81,818	2014
10.	2019	2001,5	10.	759,8	90,909	2015

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

Nilai probabilitas curah hujan, yaitu:

$$\begin{aligned}
 P(\%) &= \left(\frac{m}{n+1} \right) * 100\% \\
 &= \left(\frac{1}{10+1} \right) * 100\% \\
 &= 9,091
 \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa curah hujan andalan 90% terjadi pada tahun 2015, dengan curah hujan tahunan 759,8 mm/tahun dan nilai probabilitas 90,909%. Curah hujan andalan pada tahun 2015 digunakan untuk menentukan pembagian musim hujan dan musim kemarau, serta menentukan jumlah hari hujan yang terjadi. Untuk menentukan pembagian musim yang terjadi, curah hujan harian pada tahun 2015 dibuat dalam curah hujan dasarian (curah hujan akumulasi persepuluh hari) yang ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Curah hujan dasarian tahun 2015

Curah hujan harian (mm)													
Tgl	Bulan												
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	
1	20,7	1,5	9999				8888	0	0	0	0	8888	Dasarian I
2	8888	0	100				9999	9999	0	0	0,4	0	
3	11,7	0	0				0	9999	0	0	9999	3,6	
4	0	8	28,9					9999	0	0	0	9999	
5	1	17,6	9999					0	9999	0	0	9999	
6	9	8888	8888					11	0	0	0	2,5	
7	9999	4,5	17						0	0	9999	3,4	
8	0	2,4						0	0	0	2,8	8888	
9	0,4	0,4					8888	0	0	0	0	28	
10	8888	0					10		0	9999	0	0	
11	9999	2,5					9999		0	9999	9999	4,9	Dasarian II
12	9,4	0					0	0	0	0	0	0	
13	0	3,5					0,6	0	9999	0	0	1,7	
14	9999	1					0,8	0	0	9999	19,7	9999	
15	2	0						0	0	9999	1,6	8888	
16	69,5	0					0		0	0	0	5,3	
17	0	0					0	0	0	0	5,2	7,3	
18	0	0					0	0	9999	9999	0,7	2,9	
19	0	2,9						0	0	0	9999	7,9	
20	0,5	8888							0	0	6,5	3,1	
21	8888	26					0		0	0	8888	8888	Dasarian III
22	2	0					0	0	0	9999	0	2,5	
23	6,2	0					0	0	9999	0	7,9	0	
24	0	0					9999	0	0	0	1	8,6	
25	0	0					9999	0	0	0	17,1	19,9	
26	5,8	8888					0,5	9999	0	9999	9999	9,1	
27	0	0							0	1,2	0,1	39,1	
28	0						8	0	9999	0	8,3	22,9	
29	8888						0	0	0	11	15,4	45,7	
30	33,4							0	0	5,4	22,4	11,7	
31	6							9999		14,3		8888	
Jumlah													
I	42,8	34,4	145,9	0	0	0	10	11	0	0	3,2	37,5	
II	81,4	9,9	0	0	0	0	1,4	0	0	0	33,7	33,1	
III	53,4	26	0	0	0	0	8,5	0	0	31,9	72,2	159,5	
Total	177,6	70,3	145,9	0	0	0	19,9	11	0	31,9	109,1	230,1	
	Musim hujan			Musim kemarau						Musim hujan			

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Keterangan tabel:

0 = Tidak terjadi hujan

8888 = Data tidak terukur

9999 = Tidak ada data (tidak dilakukan pengukuran)

Dari Tabel 4.2 dapat ditentukan pergantian musim dan jumlah hari hujan yang terjadi saat musim hujan. Untuk menentukan pergantian musim dapat dilihat dari curah hujan dasarian yang terjadi. Menurut BMKG, awal musim hujan ditentukan berdasarkan jumlah curah hujan pada suatu dasarian lebih besar sama dengan 50 mm yang diikuti dasarian berikutnya, sedangkan awal musim kemarau ditentukan berdasarkan jumlah curah hujan pada suatu dasarian lebih kecil dari 50 mm yang diikuti dasarian berikutnya. Dari jumlah total curah hujan tiga dasarian menunjukkan bahwa pada Bulan Januari, Februari, Maret, November, dan Desember memiliki nilai curah hujan lebih besar sama dengan 50 mm yang dapat diartikan pada bulan-bulan tersebut terjadi musim hujan, sedangkan pada Bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober memiliki curah hujan lebih kecil dari 50 mm yang dapat diartikan pada bulan-bulan tersebut terjadi musim kemarau.

Untuk menentukan jumlah hari hujan yang terjadi pada musim hujan adalah dengan mencari nilai rata-rata dari hari hujan yang terjadi. Rata-rata hari hujan yang terjadi selama musim hujan dapat dihitung sebagai berikut.

Jumlah hari hujan saat musim hujan = 61 hari hujan

Jumlah minggu saat musim hujan = 23 minggu

$$\frac{\text{Jumlah HH}}{\text{Jumlah minggu}} = \frac{61}{23} = 2,652 \approx 3$$

Jadi, jumlah rata-rata hari hujan yang terjadi selama 1 minggu dalam musim hujan adalah 3 hari hujan /minggu.

4.3 Distribusi Probabilitas

Pada perencanaan ini dilakukan perhitungan distribusi probabilitas untuk mengetahui penyebaran hujan yang terjadi dan menentukan nilai curah hujan

rencana yang akan digunakan untuk menghitung nilai intensitas hujan yang terjadi di lokasi perencanaan. Data hujan yang digunakan untuk menghitung distribusi probabilitas adalah data hujan selama 25 tahun (1995 - 2019), data hujan ini diperoleh dari Stasiun Hujan Depati Amir Pangkalpinang (*Sumber: <http://dataonline.bmkg.go.id/>*). Data hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun (1995 - 2019) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun

No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)	No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)	No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)
1.	2016	183,9	10.	2008	107,1	18.	2011	87
2.	1996	162,1	11.	2015	100	19.	2018	84,4
3.	2007	148,6	12.	2001	99	20.	2006	80
4.	2013	141,4	13.	2000	96,4	21.	1998	77,8
5.	2019	128,4	14.	2014	94,6	22.	2002	75,6
6.	2010	124,7	15.	2003	93,6	23.	2017	73,6
7.	2005	121,5	16.	2009	92	24.	1997	68,8
8.	1995	113,5	17.	1999	90,7	25.	2004	54,7
9.	2012	108,4						

Sumber: BMKG, 2020

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat nilai curah hujan harian maksimum tahunan dari tahun 1995 - 2019. Nilai curah hujan harian maksimum yang ditampilkan pada tabel diurutkan dari nilai paling besar sampai nilai paling kecil. Dari tabel di atas menunjukkan nilai curah hujan paling besar terjadi pada tahun 2016 dengan nilai curah hujan harian maksimum yang terjadi sebesar 183,9 mm.

4.3.1 Distribusi Probabilitas Normal

Perhitungan frekuensi curah hujan Distribusi Probabilitas Normal ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Probabilitas Normal

No.	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	1995	113,5	9,188	84,419
2.	1996	162,1	57,788	3339,453
3.	1997	68,8	-35,512	1261,102
4.	1998	77,8	-26,512	702,886
5.	1999	90,7	-13,612	185,287
6.	2000	96,4	-7,912	62,600
7.	2001	99	-5,312	28,217
8.	2002	75,6	-28,712	824,379
9.	2003	93,6	-10,712	114,747
10.	2004	54,7	-49,612	2461,351
11.	2005	121,5	17,188	295,427
12.	2006	80	-24,312	591,073
13.	2007	148,6	44,288	1961,427
14.	2008	107,1	2,788	7,773
15.	2009	92	-12,312	151,585
16.	2010	124,7	20,388	415,671
17.	2011	87	-17,312	299,705
18.	2012	108,4	4,088	16,712
19.	2013	141,4	37,088	1375,520
20.	2014	94,6	-9,712	94,323
21.	2015	100	-4,312	18,593
22.	2016	183,9	79,588	6334,250
23.	2017	73,6	-30,712	943,227
24.	2018	84,4	-19,912	396,488
25.	2019	128,4	24,088	580,232
Jumlah		2607,8	-	22546,446

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{2607,8}{25} = 104,312 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{22546,446}{25 - 1}} = 30,650$$

Dari Tabel 4.4 ditampilkan curah hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun yang diurutkan berdasarkan tahun terjadinya. Dari curah hujan yang terjadi diperoleh nilai rata-rata curah hujan sebesar 104,312 mm. Pada kolom (d) terdapat nilai positif dan negatif, hal ini dipengaruhi oleh lebih besar atau lebih kecil nilai curah hujan harian maksimum tahunan dari nilai curah hujan rata-ratanya. Jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih besar dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (d) positif, dan sebaliknya jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (d) negatif. Pada kolom (d) dan (e) nilai terbesar ada pada tahun 2016, hal ini dikarenakan nilai curah hujan harian maksimum tahunannya paling besar daripada tahun lainnya. Jumlah pada kolom (e) digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi data curah hujan selama 25 tahun dan didapatkan hasilnya sebesar 30,650.

Untuk menghitung hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Normal*, perlu dihitung nilai K_T . Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai periode ulang (T). Pada perencanaan ini, nilai T yang digunakan adalah 2 tahun. Digunakan $T = 2$ tahun karena mengacu pada Permen PU No.12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan Tabel 2.10, dengan luas Desa Kayu Besi adalah 3.516 ha lebih besar dari 500 ha. Sehingga, nilai K_T yang diperoleh berdasarkan Tabel 2.1 untuk nilai $T = 2$ tahun adalah $K_T = 0$.

Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah diketahui nilainya, selanjutnya menghitung nilai hujan rencana dengan periode ulang $T = 2$ tahun. Nilai hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Normal* dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + K_T * S \\ &= 104,312 + 0 * 30,650 \\ &= 104,312 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.2 Distribusi *Log Normal*

Perhitungan frekuensi curah hujan Distribusi Probabilitas *Log Normal* ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan Distribusi Probabilitas *Log Normal*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi - Log \bar{X}	(Log Xi - Log \bar{X}) ²
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1.	1995	113,5	2,055	0,054	0,0028732
2.	1996	162,1	2,210	0,208	0,0434262
3.	1997	68,8	1,838	-0,164	0,0268321
4.	1998	77,8	1,891	-0,110	0,0121912
5.	1999	90,7	1,958	-0,044	0,0019172
6.	2000	96,4	1,984	-0,017	0,0002999
7.	2001	99	1,996	-0,006	0,0000332
8.	2002	75,6	1,879	-0,123	0,0150974
9.	2003	93,6	1,971	-0,030	0,0009071
10.	2004	54,7	1,738	-0,263	0,0693828
11.	2005	121,5	2,085	0,083	0,0069194
12.	2006	80	1,903	-0,098	0,0096636
13.	2007	148,6	2,172	0,171	0,0291130
14.	2008	107,1	2,030	0,028	0,0008063
15.	2009	92	1,964	-0,038	0,0014142
16.	2010	124,7	2,096	0,094	0,0089251
17.	2011	87	1,940	-0,062	0,0038284
18.	2012	108,4	2,035	0,034	0,0011314
19.	2013	141,4	2,150	0,149	0,0222177
20.	2014	94,6	1,976	-0,026	0,0006504
21.	2015	100	2,000	-0,001	0,0000019
22.	2016	183,9	2,265	0,263	0,0692681
23.	2017	73,6	1,867	-0,135	0,0180945
24.	2018	84,4	1,926	-0,075	0,0056327
25.	2019	128,4	2,109	0,107	0,0114857
Jumlah		2607,8	50,035	-	0,3621126

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{50,035}{25} = 2,001$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(0,3621126)}{25 - 1}} = 0,123$$

Dari Tabel 4.5 ditampilkan curah hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun yang diurutkan berdasarkan tahun terjadinya. Dari curah hujan yang terjadi diperoleh nilai logaritma rata-rata curah hujan sebesar 2,001 mm. Pada kolom (e) terdapat nilai positif dan negatif, hal ini dipengaruhi oleh lebih besar atau lebih kecil nilai curah hujan harian maksimum tahunan dari nilai curah hujan rata-ratanya. Jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih besar dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (e) positif, dan sebaliknya jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (e) negatif. Pada kolom (e) dan (f) nilai terbesar ada pada tahun 2016, hal ini dikarenakan nilai curah hujan harian maksimum tahunannya paling besar daripada tahun lainnya. Jumlah pada kolom (f) digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi data curah hujan selama 25 tahun dan didapatkan hasilnya sebesar 0,123.

Untuk menghitung hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Log Normal*, selanjutnya dihitung nilai K_T . Nilai K_T yang digunakan pada Distribusi Probabilitas *Log Normal* sama dengan nilai K_T pada Distribusi Probabilitas *Normal* yaitu, nilai K_T yang diperoleh berdasarkan Tabel 2.1 untuk nilai $T = 2$ tahun adalah $K_T = 0$.

Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah diketahui nilainya, selanjutnya menghitung nilai hujan rencana dengan periode ulang $T = 2$ tahun. Nilai hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Log Normal* dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } X} + K_T * S \text{ Log } X \\ &= 2,001 + 0 * 0,123 \\ &= 2,001 \\ X_T &= 100,321 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.3 Distribusi *Gumbel*

Perhitungan frekuensi curah hujan Distribusi Probabilitas *Gumbel* ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan Distribusi Probabilitas *Gumbel*

No.	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	1995	113,5	9,188	84,419
2.	1996	162,1	57,788	3339,453
3.	1997	68,8	-35,512	1261,102
4.	1998	77,8	-26,512	702,886
5.	1999	90,7	-13,612	185,287
6.	2000	96,4	-7,912	62,600
7.	2001	99	-5,312	28,217
8.	2002	75,6	-28,712	824,379
9.	2003	93,6	-10,712	114,747
10.	2004	54,7	-49,612	2461,351
11.	2005	121,5	17,188	295,427
12.	2006	80	-24,312	591,073
13.	2007	148,6	44,288	1961,427
14.	2008	107,1	2,788	7,773
15.	2009	92	-12,312	151,585
16.	2010	124,7	20,388	415,671
17.	2011	87	-17,312	299,705
18.	2012	108,4	4,088	16,712
19.	2013	141,4	37,088	1375,520
20.	2014	94,6	-9,712	94,323
21.	2015	100	-4,312	18,593
22.	2016	183,9	79,588	6334,250
23.	2017	73,6	-30,712	943,227
24.	2018	84,4	-19,912	396,488
25.	2019	128,4	24,088	580,232
Jumlah		2607,8	-	22546,446

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{2607,8}{25} = 104,312$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{22546,446}{25 - 1}} = 30,650$$

Dari Tabel 4.6 ditampilkan curah hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun yang diurutkan berdasarkan tahun terjadinya. Dari curah hujan yang terjadi diperoleh nilai rata-rata curah hujan sebesar 104,312 mm. Pada kolom (d) terdapat nilai positif dan negatif, hal ini dipengaruhi oleh lebih besar atau lebih kecil nilai curah hujan harian maksimum tahunan dari nilai curah hujan rata-ratanya. Jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih besar dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (d) positif, dan sebaliknya jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (d) negatif. Pada kolom (d) dan (e) nilai terbesar ada pada tahun 2016, hal ini dikarenakan nilai curah hujan harian maksimum tahunannya paling besar daripada tahun lainnya. Jumlah pada kolom (e) digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi data curah hujan selama 25 tahun dan didapatkan hasilnya sebesar 30,650.

Untuk menghitung hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Gumbel*, selanjutnya dihitung nilai K . Nilai K dihitung berdasarkan nilai Y_n , S_n , dan Y_T . Nilai Y_n dan S_n diperoleh berdasarkan jumlah data hujan $n = 25$ data yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3. Dari tabel tersebut didapat nilai $Y_n = 0,5309$ dan nilai $S_n = 1,0915$, sedangkan nilai Y_T diperoleh berdasarkan nilai periode ulang (T). Nilai Y_T dihitung berdasarkan nilai periode ulang (T). Pada perencanaan ini, nilai T yang digunakan adalah 2 tahun. Digunakan $T = 2$ tahun karena mengacu pada Permen PU No.12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan Tabel 2.10, dengan luas Desa Kayu Besi adalah 3.516 ha lebih besar dari 500 ha. Sehingga, nilai K_T yang diperoleh berdasarkan Tabel 2.1 untuk nilai $T = 2$ tahun adalah $K_T = 0$. Dari nilai $T = 2$ tahun, diperoleh nilai $Y_T = 0,3665$ (dapat dilihat pada Tabel 2.4). Berdasarkan nilai Y_n , S_n , dan Y_T yang diperoleh, maka nilai K dapat dihitung seperti berikut.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{0,3665 - 0,5309}{1,0915} = - 0,1506$$

Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah diketahui nilainya, selanjutnya menghitung nilai hujan rencana dengan periode ulang $T = 2$ tahun. Hujan rencana Distribusi Probabilitas *Gumbel* dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 X_T &= \bar{X} + S * K \\
 &= \bar{X} + S * \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \\
 &= 104,312 + 30,650 * (-0,1506) \\
 &= 99,696 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.3.4 Distribusi *Log Pearson III*

Perhitungan frekuensi curah hujan Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Distribusi Probabilitas *Log Pearson III*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi - Log \bar{X}	(Log Xi - Log \bar{X}) ²	(Log Xi - Log \bar{X}) ³
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1.	1995	113,5	2,055	0,0536024	0,0028732	0,0001540
2.	1996	162,1	2,210	0,2083896	0,0434262	0,0090496
3.	1997	68,8	1,838	-0,1638050	0,0268321	-0,0043952
4.	1998	77,8	1,891	-0,1104139	0,0121912	-0,0013461
5.	1999	90,7	1,958	-0,0437862	0,0019172	-0,0000839
6.	2000	96,4	1,984	-0,0173164	0,0002999	-0,0000052
7.	2001	99	1,996	-0,0057583	0,0000332	-0,0000002
8.	2002	75,6	1,879	-0,1228717	0,0150974	-0,0018550
9.	2003	93,6	1,971	-0,0301176	0,0009071	-0,0000273
10.	2004	54,7	1,738	-0,2634061	0,0693828	-0,0182759
11.	2005	121,5	2,085	0,0831828	0,0069194	0,0005756
12.	2006	80	1,903	-0,0983035	0,0096636	-0,0009500
13.	2007	148,6	2,172	0,1706254	0,0291130	0,0049674
14.	2008	107,1	2,030	0,0283960	0,0008063	0,0000229
15.	2009	92	1,964	-0,0376056	0,0014142	-0,0000532
16.	2010	124,7	2,096	0,0944730	0,0089251	0,0008432
17.	2011	87	1,940	-0,0618742	0,0038284	-0,0002369
18.	2012	108,4	2,035	0,0336358	0,0011314	0,0000381
19.	2013	141,4	2,150	0,1490560	0,0222177	0,0033117
20.	2014	94,6	1,976	-0,0255023	0,0006504	-0,0000166
21.	2015	100	2,000	-0,0013935	0,0000019	0,0000000
22.	2016	183,9	2,265	0,2631883	0,0692681	0,0182305
23.	2017	73,6	1,867	-0,1345156	0,0180945	-0,0024340
24.	2018	84,4	1,926	-0,0750510	0,0056327	-0,0004227
25.	2019	128,4	2,109	0,1071716	0,0114857	0,0012309
Jumlah		2607,8	50,035	-	0,3621126	0,0083217

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{50,035}{25} = 2,001$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(0,3621126)}{25 - 1}} = 0,123$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n - 1)(n - 2)(S \text{ Log } X)^3} = \frac{25 * (0,0083217)}{(25 - 1)(25 - 2)(0,123)^3} = 0,203$$

Dari Tabel 4.7 ditampilkan curah hujan harian maksimum tahunan selama 25 tahun yang diurutkan berdasarkan tahun terjadinya. Dari curah hujan yang terjadi diperoleh nilai logaritma rata-rata curah hujan sebesar 2,001 mm. Pada kolom (e) terdapat nilai positif dan negatif, hal ini dipengaruhi oleh lebih besar atau lebih kecil nilai curah hujan harian maksimum tahunan dari nilai curah hujan rata-ratanya. Jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih besar dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (e) positif, dan sebaliknya jika nilai curah hujan harian maksimum tahunan lebih kecil dari nilai curah hujan rata-ratanya maka nilai pada kolom (e) negatif. Pada kolom (e) dan (f) nilai terbesar ada pada tahun 2016, hal ini dikarenakan nilai curah hujan harian maksimum tahunannya paling besar daripada tahun lainnya. Jumlah pada kolom (f) digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi data curah hujan selama 25 tahun dan didapatkan hasilnya sebesar 0,123, sedangkan kolom (g) digunakan untuk menghitung nilai kemencengan data curah hujan selama 25 tahun dan didapatkan hasilnya sebesar 0,203.

Untuk menghitung hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Log Pearson III*, perlu dihitung nilai K_T . Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T dan C_s atau G . Nilai C_s atau $G = 0,203$ dan nilai T yang digunakan adalah 2 tahun. ulang (T). Selanjutnya menghitung nilai K_T . Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai periode ulang (T). Pada perencanaan ini, nilai T yang digunakan adalah 2 tahun. Digunakan $T = 2$ tahun karena mengacu pada Permen PU No.12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan Tabel 2.10, dengan luas Desa

Kayu Besi adalah 3.516 ha lebih besar dari 500 ha. Berdasarkan nilai T dan C_s atau G yang diperoleh, maka nilai K_T dapat diperoleh dari Tabel 2.5 yaitu $K_T = 2,159$.

Setelah semua parameter yang dibutuhkan sudah diketahui nilainya, selanjutnya menghitung nilai hujan rencana dengan periode ulang $T = 2$ tahun. Nilai hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } X} + K_T * S \text{ Log } X \\ &= 2,001 + 2,159 * 0,123 \\ &= 2,267 \\ X_T &= 184,753 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.3.5 Penentuan Jenis Distribusi Probabilitas

Jenis distribusi yang dipilih adalah distribusi dengan parameter statistik yang memenuhi syarat. Berikut ini adalah penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan syarat statistik dari masing-masing distribusi probabilitas. Parameter statistik data hujan (ditampilkan pada Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Penentuan jenis distribusi

No.	Tahun	X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1.	1995	113,5	9,188	84,419	775,645	7126,626
2.	1996	162,1	57,788	3339,453	192980,307	11151945,965
3.	1997	68,8	-35,512	1261,102	-44784,259	1590378,618
4.	1998	77,8	-26,512	702,886	-18634,917	494048,931
5.	1999	90,7	-13,612	185,287	-2522,120	34331,103
6.	2000	96,4	-7,912	62,600	-495,289	3918,728
7.	2001	99	-5,312	28,217	-149,891	796,219
8.	2002	75,6	-28,712	824,379	-23669,568	679600,643
9.	2003	93,6	-10,712	114,747	-1229,169	13166,861
10.	2004	54,7	-49,612	2461,351	-122112,523	6058246,500
11.	2005	121,5	17,188	295,427	5077,805	87277,316
12.	2006	80	-24,312	591,073	-14370,175	349367,698
13.	2007	148,6	44,288	1961,427	86867,676	3847195,657
14.	2008	107,1	2,788	7,773	21,671	60,419
15.	2009	92	-12,312	151,585	-1866,319	22978,117
16.	2010	124,7	20,388	415,671	8474,691	172782,001
17.	2011	87	-17,312	299,705	-5188,499	89823,293
18.	2012	108,4	4,088	16,712	68,318	279,282
19.	2013	141,4	37,088	1375,520	51015,276	1892054,566
20.	2014	94,6	-9,712	94,323	-916,064	8896,818
21.	2015	100	-4,312	18,593	-80,174	345,712
22.	2016	183,9	79,588	6334,250	504130,269	40122719,819
23.	2017	73,6	-30,712	943,227	-28968,386	889677,068
24.	2018	84,4	-19,912	396,488	-7894,864	157202,531
25.	2019	128,4	24,088	580,232	13976,622	336668,877
Jumlah		2607,8	-	22546,446	590506,061	68010889,368

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang akan digunakan dalam menghitung hujan rencana, maka perlu diketahui parameter statistik dari keempat distribusi probabilitas. Parameter statistik dari data curah hujan pada perencanaan ini dihitung sebagai berikut.

1. Menghitung nilai rata-rata curah hujan (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{2607,8}{25} = 104,312$$

2. Menghitung nilai standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{22546,446}{25 - 1}} = 30,650$$

3. Menghitung nilai koefisien asimetri (*Skewness*) C_s

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{25 * 590506,061}{(25 - 1)(25 - 2) * 30,650^3} = 0,929$$

4. Menghitung nilai koefisien variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{30,650}{104,312} = 0,294$$

5. Menghitung nilai koefisien kurtosis (C_k)

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

$$= \frac{25^2 * 68010889,368}{(25 - 1)(25 - 2)(25 - 3) * 30,650^4} = 3,966$$

Setelah diperoleh parameter statistik dari data hujan, langkah selanjutnya adalah mencocokkan hasil hitungan parameter statistik dengan persyaratan parameter statistik dari masing-masing distribusi probabilitas. Nilai statistik hasil perhitungan dan persyaratan parameter statistik dari masing-masing distribusi probabilitas ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Persyaratan dan hasil perhitungan statistik distribusi probabilitas

No.	Jenis distribusi	Persyaratan	Hasil hitungan	Keterangan
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	<i>Normal</i>	$(\bar{x} \pm s) = 68,270\%$	80%	Tidak memenuhi
		$(\bar{x} \pm 2s) = 95,440\%$	90%	Tidak memenuhi
		$C_s \approx 0$	0,929	Tidak memenuhi
		$C_k \approx 3$	3,966	Tidak memenuhi
2.	<i>Log Normal</i>	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,903$	0,929	Tidak memenuhi
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,484$	3,966	Tidak memenuhi
3.	<i>Gumbel</i>	$C_s \approx 1,14$	0,929	Memenuhi
		$C_k \approx 5,4$	3,966	Memenuhi
4.	<i>Log Pearson III</i>	Selain dari nilai di atas		

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa Distribusi Probabilitas *Normal*, dan *Log Normal* memiliki hasil hitungan parameter statistik yang tidak sesuai dengan syarat parameter statistik, sehingga ditentukan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan syarat parameter statistik, yaitu Distribusi Probabilitas *Gumbel* dan *Log Pearson III*.

4.3.6 Pengujian Distribusi Probabilitas

Setelah ditentukan distribusi probabilitas yang sesuai dengan syarat parameter statistiknya, maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap masing-masing distribusi probabilitas. Pengujian ini akan menentukan jenis distribusi probabilitas yang akan digunakan pada perhitungan penentuan intensitas hujan.

1. Uji *Chi-Kuadrat* (χ^2)

Untuk melakukan uji distribusi probabilitas dari Uji *Chi-Kuadrat* (χ^2) dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Mengurutkan data dari yang terbesar ke terkecil

Data hujan yang telah diurutkan dari yang terbesar ke terkecil ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Urutan data hujan dari terbesar sampai terkecil

No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)	No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)	No.	Tahun	Curah hujan harian maksimum tahunan, Xi (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(d)	(e)	(f)
1.	2016	183,9	10.	2008	107,1	18.	2011	87
2.	1996	162,1	11.	2015	100	19.	2018	84,4
3.	2007	148,6	12.	2001	99	20.	2006	80
4.	2013	141,4	13.	2000	96,4	21.	1998	77,8
5.	2019	128,4	14.	2014	94,6	22.	2002	75,6
6.	2010	124,7	15.	2003	93,6	23.	2017	73,6
7.	2005	121,5	16.	2009	92	24.	1997	68,8
8.	1995	113,5	17.	1999	90,7	25.	2004	54,7
9.	2012	108,4						

Sumber: BMKG, 2020

b. Menghitung jumlah kelas

$$K = 1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 25 = 5,613 \approx 6$$

c. Menghitung derajat kebebasan

$$DK = K - (p + 1) = 6 - (2 + 1) = 3$$

d. Menghitung kelas distribusi

Kelas distribusi = $1/6 * 100\% = 16,667\%$, interval distribusi yaitu, 16,667%; 33,334%; 50,001%; 66,668%; dan 83,335%.

$$P_x = 16,667\% \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1/(16,667\%) = 6 \text{ tahun}$$

$$P_x = 33,334\% \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1/(33,334\%) = 3 \text{ tahun}$$

$$P_x = 50,001\% \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1/(50,001\%) = 2 \text{ tahun}$$

$$P_x = 66,668\% \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1/(66,668\%) = 1,5 \text{ tahun}$$

$$P_x = 83,335\% \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1/(83,335\%) = 1,2 \text{ tahun}$$

e. Menghitung interval kelas

1) Distribusi Probabilitas *Normal*

a) Nilai rata-rata hujan

$$\bar{X} = 104,312 \text{ (dapat dilihat pada halaman 73)}$$

b) Nilai standar deviasi

$$S = 30,650 \text{ (dapat dilihat pada halaman 73)}$$

c) Menentukan nilai K_T

Nilai K_T ditentukan berdasarkan nilai T yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Nilai K_T dapat dilihat sebagai berikut.

$T = 6$ tahun, maka nilai $K_T = 0,928$

$T = 3$ tahun, maka nilai $K_T = 0,413$

$T = 2$ tahun, maka nilai $K_T = 0$

$T = 1,5$ tahun, maka nilai $K_T = -0,441$

$T = 1,2$ tahun, maka nilai $K_T = -0,997$

d) Interval kelas

Nilai hujan rencana Distribusi Probabilitas *Normal* pada setiap interval kelas ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hujan rencana Distribusi Probabilitas *Normal*

No.	T (tahun)	K_T	X_T (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)
1.	6	0,928	132,755
2.	3	0,413	116,971
3.	2	0	104,312
4.	1,5	-0,441	90,795
5.	1,2	-0,997	73,754

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$T = 6$ tahun

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

$$\begin{aligned} X_6 &= 104,312 + 30,650 * K_T \\ &= 104,312 + 30,650 * 0,928 \end{aligned}$$

$$X_6 = 132,755 \text{ mm}$$

2) Distribusi Probabilitas *Log Normal*

a) Nilai rata-rata hujan

$$\overline{\text{Log } X} = 2,001 \text{ (dapat dilihat pada halaman 75)}$$

b) Nilai standar deviasi

$$S \text{ Log } X = 0,123 \text{ (dapat dilihat pada halaman 75)}$$

c) Menentukan nilai K_T

Nilai K_T ditentukan berdasarkan nilai T yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Nilai K_T dapat dilihat sebagai berikut.

$T = 6$ tahun, maka nilai $K_T = 0,928$

$T = 3$ tahun, maka nilai $K_T = 0,413$

$T = 2$ tahun, maka nilai $K_T = 0$

$T = 1,5$ tahun, maka nilai $K_T = -0,441$

$T = 1,2$ tahun, maka nilai $K_T = -0,997$

d) Interval kelas

Nilai hujan rencana Distribusi Probabilitas *Log Normal* pada setiap interval kelas ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hujan rencana Distribusi Probabilitas *Log Normal*

No.	T (tahun)	K_T	X_T (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)
1.	6	0,928	130,432
2.	3	0,413	112,752
3.	2	0	100,321
4.	1,5	-0,441	88,557
5.	1,2	-0,997	75,671

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$T = 6$ tahun

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K_T * S \text{ Log } X$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_6 &= 2,001 + 0,123 * K_T \\ &= 2,001 + 0,123 * 0,928 \\ &= 2,115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_6 = 130,432 \text{ mm}$$

3) Distribusi Probabilitas *Gumbel*a) Nilai Y_n dan S_n

Dengan jumlah data $n = 25$, maka:

Nilai $Y_n = 0,5309$ (dapat dilihat pada Tabel 2.2)

Nilai $S_n = 1,0915$ (dapat dilihat pada Tabel 2.3)

b) Interval kelas

Nilai hujan rencana Distribusi Probabilitas *Gumbel* pada setiap interval kelas ditampilkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hujan rencana Distribusi Probabilitas *Gumbel*

No.	T (tahun)	Y_T	K_T	X_T (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	6	1,7020	1,073	137,197
2.	3	0,9027	0,341	114,752
3.	2	0,3665	-0,151	99,696
4.	1,5	-0,0940	-0,573	86,764
5.	1,2	-0,5832	-1,021	73,027

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

T = 6 tahun

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T-1}{T} = -\ln - \ln \frac{6-1}{6} = 1,7020$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{1,7020 - 0,5309}{1,0915} = 1,0730$$

$$X_T = \bar{X} + S * K$$

$$\begin{aligned} X_6 &= 104,312 + 30,650 * K \\ &= 104,312 + 30,650 * 1,7030 \\ &= 137,197 \text{ mm} \end{aligned}$$

4) Distribusi Probabilitas *Log Pearson III*

a) Nilai rata-rata hujan

$$\overline{\text{Log } X} = 2,001 \text{ (dapat dilihat pada halaman 75)}$$

b) Nilai standar deviasi

$$S \text{ Log } X = 0,123 \text{ (dapat dilihat pada halaman 75)}$$

c) Menentukan nilai K_T

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai C_S atau $G = 0,203 \approx 0,2$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang (dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan 2.6) Nilai K_T dapat dilihat sebagai berikut.

$$T = 6 \text{ tahun, maka nilai } K_T = 2,51220$$

T = 3 tahun, maka nilai $K_T = 2,26330$

T = 2 tahun, maka nilai $K_T = 2,15900$

T = 1,5 tahun, maka nilai $K_T = 0,15293$

T = 1,2 tahun, maka nilai $K_T = -0,99687$

c) Interval kelas

Nilai hujan rencana Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hujan rencana Distribusi Probabilitas *Log Pearson III*

No.	T (tahun)	K_T	X_T (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)
1.	6	2,51220	204,162
2.	3	2,26330	190,284
3.	2	2,15900	184,753
4.	1,5	0,15293	104,756
5.	1,2	-0,99687	75,674

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

T = 6 tahun

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T * S \text{ Log } X$$

$$\text{Log } X_6 = 2,001 + 0,123 * K_T$$

$$= 2,001 + 0,123 * 2,51220$$

$$= 2,310 \text{ mm}$$

$$X_6 = 204,162 \text{ mm}$$

f. Perhitungan nilai χ^2

Setelah dihitung interval kelas masing-masing distribusi probabilitas, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai χ^2 .

1) Nilai χ^2 Distribusi Probabilitas *Normal* ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan nilai χ^2 Distribusi *Normal*

Kelas	Interval	Ef	Of	Of - Ef	(Of - Ef)² / Ef
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	> 132,755	4	4	0	0
2	116,971 - 132,755	4	3	-1	0,250
3	104,312 - 116,971	4	1	-3	2,250
4	90,795 - 104,312	4	7	3	2,250
5	73,754 - 90,795	4	7	3	2,250
6	< 73,754	5	3	-2	0,800
Jumlah		25	25	χ^2	7,800

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

2) Nilai χ^2 Distribusi Probabilitas *Log Normal* ditampilkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan nilai χ^2 Distribusi *Log Normal*

Kelas	Interval	Ef	Of	Of - Ef	(Of - Ef)² / Ef
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	> 130,432	4	4	0	0
2	112,752 - 130,432	4	4	0	0,000
3	100,321 - 112,752	4	2	- 2	1,000
4	88,557 - 100,321	4	7	3	2,250
5	75,671 - 88,557	4	4	0	0,000
6	< 75,671	5	4	- 1	0,200
Jumlah		25	25	χ^2	3,450

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

3) Nilai χ^2 Distribusi Probabilitas *Gumbel* ditampilkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan nilai χ^2 Distribusi *Gumbel*

Kelas	Interval	Ef	Of	Of - Ef	(Of - Ef)² / Ef
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	> 137,200	4	4	0	0
2	114,764 - 137,200	4	3	- 1	0,250
3	99,684 - 114,764	4	4	0	0,000
4	86,749 - 99,684	4	7	3	2,250
5	73,018 - 86,749	4	5	1	0,250
6	< 73,018	5	2	- 3	1,800
Jumlah		25	25	χ^2	4,550

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

- 4) Nilai χ^2 Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* ditampilkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perhitungan nilai χ^2 Distribusi *Log Pearson III*

Kelas	Interval	Ef	Of	Of - Ef	(Of - Ef)² / Ef
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	> 205,337	4	0	- 4	4,000
2	190,380 - 205,337	4	0	- 4	4,000
3	184,834 - 190,380	4	0	- 4	4,000
4	100,331 - 184,834	4	10	6	9,000
5	75,673 - 100,331	4	11	7	12,250
6	< 75,673	5	4	- 1	0,200
Jumlah		25	25	χ^2	33,450

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

g. Rekapitulasi nilai

Hasil rekapitulasi nilai χ^2 dan χ_{cr}^2 untuk 4 distribusi probabilitas ditampilkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Rekapitulasi nilai χ^2 dan χ_{cr}^2 untuk 4 distribusi probabilitas

No.	Distribusi probabilitas	χ^2 terhitung	χ_{cr}^2	Keterangan
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	<i>Normal</i>	7,800	7,815	Diterima
2.	<i>Log Normal</i>	3,450	7,815	Diterima
3.	<i>Gumbel</i>	4,550	7,815	Diterima
4.	<i>Log Pearson III</i>	33,450	7,815	Ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa Distribusi Probabilitas *Normal*, *Log Normal*, dan *Gumbel* memiliki nilai $\chi^2 < \chi_{cr}^2$, sedangkan distribusi probabilitas *Log Pearson III* memiliki nilai $\chi^2 > \chi_{cr}^2$. Dari nilai tersebut dapat ditentukan bahwa Distribusi Probabilitas *Normal*, *Log Normal*, dan *Gumbel* dapat diterima, sedangkan Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* ditolak. Dari ketiga distribusi probabilitas yang diterima, nilai distribusi paling baik untuk menganalisis data hujan adalah distribusi yang memiliki nilai selisih paling besar antara χ^2 dan χ_{cr}^2 , yaitu Distribusi Probabilitas *Log Normal* dengan nilai $\chi^2 = 3,450$.

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Berikut ini adalah perhitungan pengujian distribusi probabilitas dari Uji Smirnov-Kolmogorof.

a. Distribusi Normal

Tabel 4.20 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Probabilitas Normal

No.	Tahun	Xi	P(X _i)	f(t)	z	P'(X _i)	ΔP
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1.	2016	183,9	0,038	2,597	0,9960	0,004	-0,034
2.	1996	162,1	0,077	1,885	0,9734	0,027	-0,050
3.	2007	148,6	0,115	1,445	0,9521	0,048	-0,067
4.	2013	141,4	0,154	1,210	0,8961	0,104	-0,050
5.	2019	128,4	0,192	0,786	0,7983	0,202	0,009
6.	2010	124,7	0,231	0,665	0,7625	0,238	0,007
7.	2005	121,5	0,269	0,561	0,7292	0,271	0,002
8.	1995	113,5	0,308	0,300	0,6368	0,363	0,056
9.	2012	108,4	0,346	0,133	0,5725	0,428	0,081
10.	2008	107,1	0,385	0,091	0,5235	0,477	0,092
11.	2015	100	0,423	-0,141	0,4244	0,576	0,153
12.	2001	99	0,462	-0,173	0,4119	0,588	0,127
13.	2000	96,4	0,500	-0,258	0,3792	0,621	0,121
14.	2014	94,6	0,538	-0,317	0,3569	0,643	0,105
15.	2003	93,6	0,577	-0,349	0,3452	0,655	0,078
16.	2009	92	0,615	-0,402	0,3257	0,674	0,059
17.	1999	90,7	0,654	-0,444	0,3109	0,689	0,035
18.	2011	87	0,692	-0,565	0,2695	0,731	0,038
19.	2018	84,4	0,731	-0,650	0,2422	0,758	0,027
20.	2006	80	0,769	-0,793	0,1998	0,800	0,031
21.	1998	77,8	0,808	-0,865	0,1804	0,820	0,012
22.	2002	75,6	0,846	-0,937	0,1622	0,838	-0,008
23.	2017	73,6	0,885	-1,002	0,1465	0,854	-0,031
24.	1997	68,8	0,923	-1,159	0,1136	0,886	-0,037
25.	2004	54,7	0,962	-1,619	0,0477	0,952	-0,009

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$$\text{Nilai } P(X_i) = \frac{i}{n+1} = \frac{1}{25+1} = 0,038$$

$$\text{Nilai } f(t) = K_T = K = \frac{X_i - \bar{X}}{S} = \frac{183,9 - 104,312}{30,650} = 2,59$$

Nilai z diperoleh dari Tabel 2.10 dan Tabel 2.11 dengan cara interpolasi sebagai berikut.

$$\frac{2,597 - 2,5}{2,6 - 2,597} = \frac{x - 0,9946}{0,9960 - x}$$

$$\frac{0,097}{0,003} = \frac{x - 0,9946}{0,9960 - x}$$

$$0,003x - (0,003 * 0,9946) = (0,097 * 0,9960) - 0,097x$$

$$0,003x - 0,0029838 = 0,096612 - 0,097x$$

$$0,003x + 0,097x = 0,096612 + 0,0029838$$

$$0,1x = 0,0995958$$

$$x = \frac{0,0995958}{0,1}$$

$$x = 0,9960$$

$$\text{Nilai } P'(X_i) = 1 - z = 1 - 0,9960 = 0,004$$

$$\text{Nilai } \Delta P = P'(X_i) - P(X_i) = 0,004 - 0,038 = -0,034$$

Dari Tabel 4.20 nilai curah hujan harian maksimum tahunan diurutkan dari curah hujan paling besar sampai curah hujan paling kecil. Setelah dilakukan perhitungan, dapat dilihat bahwa nilai ΔP maksimum pada Distribusi Probabilitas *Normal* adalah 0,153 yang berasal dari curah hujan harian maksimum tahunan 100 mm dalam tahun 2015.

b. Distribusi *Log Normal*Tabel 4.21 Perhitungan Uji *Smirnov-Kolmogorof* untuk Distribusi Probabilitas *Log Normal*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	P(Xi)	f(t)	z	P'(Xi)	ΔP
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
1.	2016	183,9	2,265	0,038	2,143	0,9855	0,015	-0,024
2.	1996	162,1	2,210	0,077	1,697	0,9596	0,040	-0,037
3.	2007	148,6	2,172	0,115	1,389	0,6696	0,330	0,215
4.	2013	141,4	2,150	0,154	1,213	0,8966	0,103	-0,050
5.	2019	128,4	2,109	0,192	0,872	0,8215	0,179	-0,014
6.	2010	124,7	2,096	0,231	0,769	0,7933	0,207	-0,024
7.	2005	121,5	2,085	0,269	0,677	0,7622	0,238	-0,031
8.	1995	113,5	2,055	0,308	0,436	0,6863	0,314	0,006
9.	2012	108,4	2,035	0,346	0,274	0,6269	0,373	0,027
10.	2008	107,1	2,030	0,385	0,231	0,6105	0,390	0,005
11.	2015	100	2,000	0,423	-0,011	0,4757	0,524	0,101
12.	2001	99	1,996	0,462	-0,047	0,4614	0,539	0,077
13.	2000	96,4	1,984	0,500	-0,141	0,4244	0,576	0,076
14.	2014	94,6	1,976	0,538	-0,208	0,3983	0,602	0,063
15.	2003	93,6	1,971	0,577	-0,245	0,3842	0,616	0,039
16.	2009	92	1,964	0,615	-0,306	0,3610	0,639	0,024
17.	1999	90,7	1,958	0,654	-0,356	0,3426	0,657	0,004
18.	2011	87	1,940	0,692	-0,504	0,2899	0,710	0,018
19.	2018	84,4	1,926	0,731	-0,611	0,2544	0,746	0,015
20.	2006	80	1,903	0,769	-0,800	0,1977	0,802	0,033
21.	1998	77,8	1,891	0,808	-0,899	0,1714	0,829	0,021
22.	2002	75,6	1,879	0,846	-1,000	0,1469	0,853	0,007
23.	2017	73,6	1,867	0,885	-1,095	0,1262	0,874	-0,011
24.	1997	68,8	1,838	0,923	-1,334	0,0834	0,917	-0,006
25.	2004	54,7	1,738	0,962	-2,144	0,0142	0,986	0,024

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$$\text{Nilai } P(X_i) = \frac{i}{n+1} = \frac{1}{25+1} = 0,038$$

$$\text{Nilai } f(t) = K_T = K = \frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}}{S \text{ Log } X} = \frac{2,265 - 2,001}{0,123} = 2,143$$

Nilai z diperoleh dari Tabel 2.10 dan Tabel 2.11 dengan cara interpolasi sebagai berikut.

$$\frac{1,744 - 1,7}{1,8 - 1,744} = \frac{x - 0,9599}{0,9678 - x}$$

$$\frac{0,044}{0,056} = \frac{x - 0,9599}{0,9678 - x}$$

$$0,044x - (0,044 * 0,9678) = (0,056 * 0,9599) - 0,056x$$

$$0,044x - 0,0537544 = 0,0425832 - 0,056x$$

$$0,044x + 0,056x = 0,0425832 + 0,0537544$$

$$0,1x = 0,0963376$$

$$x = \frac{0,0963376}{0,1}$$

$$x = 0,9634$$

$$\text{Nilai } P^*(X_i) = 1 - z = 1 - 0,9634 = 0,015$$

$$\text{Nilai } \Delta P = P^*(X_i) - P(X_i) = 0,015 - 0,038 = -0,024$$

Dari Tabel 4.21 nilai curah hujan harian maksimum tahunan diurutkan dari curah hujan paling besar sampai curah hujan paling kecil. Setelah dilakukan perhitungan, dapat dilihat bahwa nilai ΔP maksimum pada Distribusi Probabilitas *Log Normal* adalah 0,215 yang berasal dari curah hujan harian maksimum tahunan 148,6 mm dalam tahun 2007.

c. Distribusi *Gumbel*Tabel 4.22 Perhitungan Uji *Smirnov-Kolmogorof* untuk Distribusi Probabilitas *Gumbel*

No.	Tahun	X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	Y_T	T	$P'(X_i)$	ΔP
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
1.	2016	183,9	0,038	2,597	3,3651	32,644	0,031	-0,008
2.	1996	162,1	0,077	1,885	2,5888	14,701	0,068	-0,009
3.	2007	148,6	0,115	1,445	2,1081	9,052	0,110	-0,005
4.	2013	141,4	0,154	1,210	1,8517	7,344	0,136	-0,018
5.	2019	128,4	0,192	0,786	1,3887	4,706	0,212	0,020
6.	2010	124,7	0,231	0,665	1,2569	4,357	0,230	-0,001
7.	2005	121,5	0,269	0,561	1,1430	4,055	0,247	-0,023
8.	1995	113,5	0,308	0,300	0,8581	3,301	0,303	-0,005
9.	2012	108,4	0,346	0,133	0,6765	2,821	0,354	0,008
10.	2008	107,1	0,385	0,091	0,6302	2,698	0,371	-0,014
11.	2015	100	0,423	-0,141	0,3773	2,029	0,493	0,070
12.	2001	99	0,462	-0,173	0,3417	1,979	0,505	0,044
13.	2000	96,4	0,500	-0,258	0,2491	1,901	0,526	0,026
14.	2014	94,6	0,538	-0,317	0,1850	1,847	0,541	0,003
15.	2003	93,6	0,577	-0,349	0,1494	1,817	0,550	-0,027
16.	2009	92	0,615	-0,402	0,0925	1,769	0,565	-0,050
17.	1999	90,7	0,654	-0,444	0,0462	1,509	0,663	0,009
18.	2011	87	0,692	-0,565	-0,0856	1,501	0,666	-0,026
19.	2018	84,4	0,731	-0,650	-0,1782	1,445	0,692	-0,039
20.	2006	80	0,769	-0,793	-0,3349	1,35	0,741	-0,028
21.	1998	77,8	0,808	-0,865	-0,4132	1,303	0,767	-0,040
22.	2002	75,6	0,846	-0,937	-0,4916	1,256	0,796	-0,050
23.	2017	73,6	0,885	-1,002	-0,5628	1,212	0,825	-0,060
24.	1997	68,8	0,923	-1,159	-0,7337	1,149	0,870	-0,053
25.	2004	54,7	0,962	-1,619	-1,2359	1,061	0,943	-0,019

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$$\text{Nilai } P(X_i) = \frac{i}{n+1} = \frac{1}{25+1} = 0,038$$

$$\text{Nilai } f(t) = K_T = K = \frac{X_i - \bar{X}}{S} = \frac{183,9 - 104,312}{30,650} = 2,597$$

$$\text{Nilai } Y_T \text{ diperoleh dari persamaan } K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \leftrightarrow Y_T = (K * S_n) + Y_n$$

$$Y_T = (K_T * S_n) + Y_n = (2,597 * 1,0915) + 0,5309 = 3,365$$

Nilai T diperoleh dari Tabel 2.3 dengan melakukan interpolasi sebagai berikut.

$$\frac{3,3651 - 3,1255}{3,9091 - 3,3651} = \frac{x - 25}{50 - x}$$

$$\frac{0,2396}{0,5440} = \frac{x - 25}{50 - x}$$

$$0,5440x - (0,5440 * 25) = (0,2396 * 50) - 0,2396x$$

$$0,5440x - 13,6 = 11,98 - 0,2396x$$

$$0,5440x + 0,2396x = 13,6 + 11,98$$

$$0,7836x = 25,58$$

$$x = \frac{25,58}{0,7836}$$

$$x = 32,644$$

$$\text{Nilai } P'(X_i) = \frac{1}{T} = \frac{1}{32,644} = 0,031$$

$$\text{Nilai } \Delta P = P'(X_i) - P(X_i) = 0,031 - 0,038 = -0,008$$

Dari Tabel 4.22 nilai curah hujan harian maksimum tahunan diurutkan dari curah hujan paling besar sampai curah hujan paling kecil. Setelah dilakukan perhitungan, dapat dilihat bahwa nilai ΔP maksimum pada Distribusi Probabilitas *Gumbel* adalah 0,070 yang berasal dari curah hujan harian maksimum tahunan 100 mm dalam tahun 2015.

d. Distribusi *Log Pearson III*Tabel 4.23 Perhitungan Uji *Smirnov-Kolmogorof* untuk Distribusi Probabilitas *Log Pearson III*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1.	2016	183,9	2,265	0,038	2,143	0,02	-0,018
2.	1996	162,1	2,210	0,077	1,697	0,031	-0,046
3.	2007	148,6	2,172	0,115	1,389	0,038	-0,077
4.	2013	141,4	2,150	0,154	1,213	0,594	0,440
5.	2019	128,4	2,109	0,192	0,872	0,628	0,436
6.	2010	124,7	2,096	0,231	0,769	0,637	0,406
7.	2005	121,5	2,085	0,269	0,677	0,648	0,379
8.	1995	113,5	2,055	0,308	0,436	0,672	0,364
9.	2012	108,4	2,035	0,346	0,274	0,688	0,342
10.	2008	107,1	2,030	0,385	0,231	0,692	0,307
11.	2015	100	2,000	0,423	-0,011	0,716	0,293
12.	2001	99	1,996	0,462	-0,047	0,72	0,258
13.	2000	96,4	1,984	0,500	-0,141	0,729	0,229
14.	2014	94,6	1,976	0,538	-0,208	0,736	0,198
15.	2003	93,6	1,971	0,577	-0,245	0,74	0,163
16.	2009	92	1,964	0,615	-0,306	0,746	0,131
17.	1999	90,7	1,958	0,654	-0,356	0,751	0,097
18.	2011	87	1,940	0,692	-0,504	0,766	0,074
19.	2018	84,4	1,926	0,731	-0,611	0,776	0,045
20.	2006	80	1,903	0,769	-0,800	0,795	0,026
21.	1998	77,8	1,891	0,808	-0,899	0,812	0,004
22.	2002	75,6	1,879	0,846	-1,000	0,837	-0,009
23.	2017	73,6	1,867	0,885	-1,095	0,86	-0,025
24.	1997	68,8	1,838	0,923	-1,334	0,912	-0,011
25.	2004	54,7	1,738	0,962	-2,144	0,988	0,026

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan:

$$\text{Nilai } P(X_i) = \frac{i}{n+1} = \frac{1}{25+1} = 0,038$$

$$\text{Nilai } f(t) = K_T = K = \frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}}{S \text{ Log } X} = \frac{2,265 - 2,001}{0,123} = 2,143$$

Nilai $P'(X_i)$ ditentukan berdasarkan nilai C_s dan K_T atau $f(t)$ dengan melakukan interpolasi pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Contoh perhitungan nilai $P'(X_i)$ adalah sebagai berikut.

Nilai $C_s = 0,203 \approx 0,2$ dan nilai $f(t) = 2,143$, sehingga nilai $P'(X_i)$, yaitu:

$$\frac{2,143 - 1,301}{2,159 - 2,143} = \frac{x - 0,040}{0,020 - x}$$

$$\frac{0,842}{0,016} = \frac{x - 0,040}{0,020 - x}$$

$$0,016x - (0,016 * 0,040) = (0,842 * 0,020) - 0,842x$$

$$0,016x - 0,00064 = 0,01684 - 0,842x$$

$$0,016x + 0,842x = 0,00064 + 0,01684$$

$$0,858x = 0,01748$$

$$x = \frac{0,01748}{0,858}$$

$$x = 0,020$$

$$\text{Nilai } \Delta P = P'(X_i) - P(X_i) = 0,020 - 0,038 = -0,018$$

Dari Tabel 4.23 nilai curah hujan harian maksimum tahunan diurutkan dari curah hujan paling besar sampai curah hujan paling kecil. Setelah dilakukan perhitungan, dapat dilihat bahwa nilai ΔP maksimum pada Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* adalah 0,440 yang berasal dari curah hujan harian maksimum tahunan 141,4 mm dalam tahun 2013.

e. Rekapitulasi nilai ΔP maksimum dan ΔP kritis

Hasil rekapitulasi nilai ΔP maksimum dan ΔP kritis untuk 4 distribusi probabilitas ditampilkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rekapitulasi nilai ΔP maksimum dan ΔP kritis untuk 4 distribusi probabilitas

No.	Distribusi probabilitas	ΔP terhitung	ΔP kritis	Keterangan
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	<i>Normal</i>	0,153	0,270	Diterima
2.	<i>Log Normal</i>	0,215	0,270	Diterima
3.	<i>Gumbel</i>	0,070	0,270	Diterima
4.	<i>Log Pearson III</i>	0,440	0,270	Ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.24 dapat dilihat nilai ΔP terhitung diperoleh dari perhitungan sebelumnya pada Halaman 92-99 yang merupakan ΔP maksimum dari masing-masing distribusi probabilitas, sedangkan ΔP kritis diperoleh dari Tabel 2.9 untuk banyak data 25 tahun. Dari Tabel 4.24 menunjukkan bahwa Distribusi Probabilitas *Normal*, *Log Normal*, dan *Gumbel* memiliki nilai ΔP terhitung $< \Delta P$ kritis, sedangkan distribusi probabilitas *Log Pearson III* memiliki nilai ΔP terhitung $> \Delta P$ kritis. Dari nilai tersebut dapat ditentukan bahwa Distribusi Probabilitas *Normal*, *Log Normal*, dan *Gumbel* dapat diterima karena memenuhi syarat yang ditentukan, sedangkan Distribusi Probabilitas *Log Pearson III* ditolak karena tidak memenuhi syarat yang ditentukan. Dari ketiga distribusi probabilitas yang diterima, nilai paling baik untuk menganalisis data hujan adalah Distribusi Probabilitas *Gumbel* dengan nilai ΔP maksimum yang paling kecil yaitu 0,070.

f. Rekapitulasi perhitungan distribusi probabilitas

Rekapitulasi perhitungan untuk 4 distribusi probabilitas ditampilkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Rekapitulasi perhitungan distribusi probabilitas

No.	Distribusi probabilitas	Nilai statistik	Ket.	Nilai χ^2 terhitung	Ket.	ΔP terhitung	Ket.
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1.	<i>Normal</i>	80% 90% $C_s = 0,929$ $C_k = 3,966$	Tidak memenuhi	7,800	Diterima	0,153	Diterima
2.	<i>Log Normal</i>	$C_s = 0,929$ $C_k = 3,966$	Tidak memenuhi	3,450	Diterima	0,215	Diterima
3.	<i>Gumbel</i>	$C_s = 0,929$ $C_k = 3,966$	Memenuhi	4,550	Diterima	0,070	Diterima
4.	<i>Log Pearson III</i>	$C_s = 0,929$ $C_k = 3,966$	Memenuhi	33,450	Ditolak	0,440	Ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.25 yang menunjukkan hasil perhitungan dari pengujian *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorof* pada setiap distribusi probabilitas, dapat disimpulkan bahwa hujan rencana (R_{24}) yang digunakan adalah hujan rencana pada Distribusi Probabilitas *Gumbel*. Dikarenakan Distribusi Probabilitas *Gumbel* memenuhi syarat parameter statistiknya, dan memiliki nilai yang paling baik berdasarkan *Uji Chi-Kuadrat* dengan nilai selisih paling besar antara χ^2 dan χ_{cr}^2 , yaitu dengan nilai $\chi^2 = 3,450$, serta uji *Smirnov-Kolmogorof* dengan nilai ΔP maksimum yang paling kecil yaitu 0,070. Sehingga nilai R_{24} yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah 99,696 mm sesuai dengan perhitungan nilai hujan rencana Distribusi Probabilitas *Gumbel* pada Halaman 79.

4.4 Hasil Uji Analisis Saringan Butiran Tanah

Sampel tanah yang didapatkan dari pengeboran tanah di Desa Kayu Besi dilakukan pengujian analisis saringan butiran tanah. Hal ini dilakukan untuk melihat gradasi butiran tanah yang akan digunakan untuk menentukan jenis tanah di Desa Kayu Besi. Hasil pengujian analisis saringan butiran tanah pada sampel tanah di laboratorium diuraikan sebagai berikut.

1. Hasil uji analisis saringan butir tanah 1 ditampilkan Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Analisis saringan butir sampel tanah 1

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)	Persentase (%)		
				% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
No. 4	4,750	0	0,000	0	0	100
No. 8	2,360	59,500	59,500	11,900	11,900	88,100
No. 10	2,000	30,750	90,250	6,150	18,050	81,950
No. 16	1,180	30,200	120,450	6,040	24,090	75,910
No. 30	0,850	62,300	182,750	12,460	36,550	63,450
No. 40	0,425	93,600	276,350	18,720	55,270	44,730
No. 50	0,250	15,700	292,050	3,140	58,410	41,590
No. 100	0,150	177,450	469,500	35,490	93,900	6,100
No. 200	0,075	28,000	497,500	5,600	99,500	0,500
Pan	-	0	497,500	-	-	-

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada tabel di atas menunjukkan sebagai berikut.

- a. Sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering yaitu sebesar 99,500 %, hal ini dikarenakan tanah memiliki butiran kasar yang lebih banyak dibandingkan butiran halus.
- b. Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm) lebih besar dari 50% yaitu sebesar 100%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.
- c. Persentase lolos saringan No. 200 adalah 0,500 %, hal ini menunjukkan ada sedikit kadungan butiran halus pada tanah tersebut.

2. Hasil uji analisis saringan butir tanah 2 ditampilkan Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Analisis saringan butir tanah 2

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)	Persentase (%)		
				% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
No. 4	4,750	0	0	0	0	100
No. 8	2,360	152,950	152,950	30,590	30,590	69,410
No. 10	2,000	58,000	210,950	11,600	42,190	57,810
No. 16	1,180	67,950	278,900	13,590	55,780	44,220
No. 30	0,850	105,350	384,250	21,070	76,850	23,150
No. 40	0,425	46,100	430,350	9,220	86,070	13,930
No. 50	0,250	6,950	437,300	1,390	87,460	12,540
No. 100	0,150	49,550	486,850	9,910	97,370	2,630
No. 200	0,075	11,000	497,850	2,200	99,570	0,430
Pan	-	0,550	498,400	-	-	-

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada tabel di atas menunjukkan sebagai berikut.

- a. Sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering yaitu sebesar 99,570 %, hal

ini dikarenakan tanah memiliki butiran kasar yang lebih banyak dibandingkan butiran halus.

- b. Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm) lebih besar dari 50% yaitu sebesar 100%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.
- c. Persentase lolos saringan No. 200 adalah 0,430 %, hal ini menunjukkan ada sedikit kadungan butiran halus pada tanah tersebut.

3. Hasil uji analisis saringan butir tanah 3 ditampilkan Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Analisis saringan butir tanah 3

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)	Persentase (%)		
				% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
No. 4	4,750	0	0	0	0	100
No. 8	2,360	175,000	175,000	35,000	35,000	65,000
No. 10	2,000	75,200	250,200	15,040	50,040	49,960
No. 16	1,180	78,400	328,600	15,680	65,720	34,280
No. 30	0,850	95,650	424,250	19,130	84,850	15,150
No. 40	0,425	32,450	456,700	6,490	91,340	8,660
No. 50	0,250	3,950	460,650	0,790	92,130	7,870
No. 100	0,150	27,400	488,050	5,480	97,610	2,390
No. 200	0,075	8,850	496,900	1,770	99,380	0,620
Pan	-	0,950	497,850	-	99,570	0,430

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada tabel di atas menunjukkan sebagai berikut.

- a. Sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering yaitu sebesar 99,380 %, hal ini dikarenakan tanah memiliki butiran kasar yang lebih banyak dibandingkan butiran halus.
- b. Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm) lebih besar dari 50% yaitu sebesar 100%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.

c. Persentase lolos saringan No. 200 adalah 0,620 %, hal ini menunjukkan ada sedikit kadungan butiran halus pada tanah tersebut.

4. Hasil uji analisis saringan butir tanah 4 ditampilkan Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Analisis saringan butir tanah 4

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)	Persentase (%)		
				% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
No. 4	4,750	0	0	0	0	100
No. 8	2,360	94,150	94,150	18,830	18,830	81,170
No. 10	2,000	40,100	134,250	8,020	26,850	73,150
No. 16	1,180	40,250	174,500	8,050	34,900	65,100
No. 30	0,850	52,500	227,000	10,500	45,400	54,600
No. 40	0,425	47,350	274,350	9,470	54,870	45,130
No. 50	0,250	26,600	300,950	5,320	60,190	39,810
No. 100	0,150	179,850	480,800	35,970	96,160	3,840
No. 200	0,075	15,350	496,150	3,070	99,230	0,770
Pan	-	0	496,150	-	99,230	0,770

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada tabel di atas menunjukkan sebagai berikut.

- a. Sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering yaitu sebesar 99,230 %, hal ini dikarenakan tanah memiliki butiran kasar yang lebih banyak dibandingkan butiran halus.
- b. Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm) lebih besar dari 50% yaitu sebesar 100%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.
- c. Persentase lolos saringan No. 200 adalah 0,770 %, hal ini menunjukkan ada sedikit kadungan butiran halus pada tanah tersebut.

5. Hasil uji analisis saringan butir tanah 5 ditampilkan Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Analisis saringan butir tanah 5

Nomor saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	Jumlah berat tertahan kumulatif (gram)	Persentase (%)		
				% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
No. 4	4,750	0	0	0	0	100
No. 8	2,360	29,400	29,400	5,880	5,880	94,120
No. 10	2,000	9,950	39,350	1,990	7,870	92,130
No. 16	1,180	12,500	51,850	2,500	10,370	89,630
No. 30	0,850	33,450	85,300	6,690	17,060	82,940
No. 40	0,425	51,100	136,400	10,220	27,280	72,720
No. 50	0,250	13,600	150,000	2,720	30,000	70,000
No. 100	0,150	334,150	484,150	66,830	96,830	3,170
No. 200	0,075	13,300	497,450	2,660	99,490	0,510
Pan	-	0,400	497,850	-	99,570	0,430

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada tabel di atas menunjukkan sebagai berikut.

- Sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering yaitu sebesar 99,490 %, hal ini dikarenakan tanah memiliki butiran kasar yang lebih banyak dibandingkan butiran halus.
- Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm) lebih besar dari 50% yaitu sebesar 100%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.
- Persentase lolos saringan No. 200 adalah 0,510 %, hal ini menunjukkan ada sedikit kadungan butiran halus pada tanah tersebut.

4.5 Menentukan Jenis Tanah di Desa Kayu Besi

Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah yang ditampilkan pada Tabel 4.26 sampai dengan dan Tabel 4.30, jenis tanah di Desa Kayu Besi dapat ditentukan dengan Metode *USCS (Unified Soil Classification System)* sebagai berikut.

1. Menentukan butiran tanah kasar atau halus

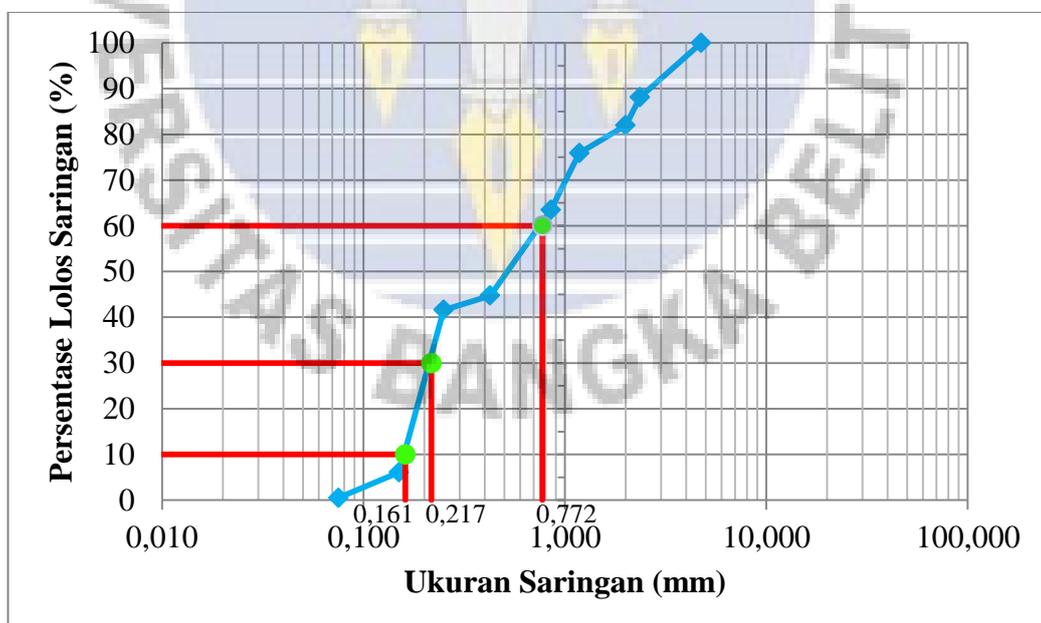
Berdasarkan hasil analisis saringan butir tanah pada sampel tanah 1 sampai 5 menunjukkan bahwa sampel tanah tersebut memiliki persentase tertahan kumulatif No. 200 (0,075 mm) lebih besar dari 50% berat kering, maka tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar.

2. Menentukan tanah kerikil atau pasir

Dari klasifikasi tanah berbutir kasar tersebut dapat ditentukan sebagai berikut.

- a. Persentase lolos saringan No. 4 (4,750 mm), yaitu sebesar 100% lebih besar dari 50%, maka sampel tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai pasir.
- b. Dari sampel tanah tersebut persentase lolos saringan No. 200 (0,075 mm) lebih kecil dari 5%, maka digambarkan grafik distribusi kumulatif ukuran butir dan dihitung koefisien keseragaman (C_u) serta koefisien kelengkungan (C_c) dan tidak memperhitungkan nilai batas-batas *Atterberg* (non plastisitas).

1) Grafik distribusi kumulatif ukuran butir tanah 1 ditampilkan pada Gambar 4.2.



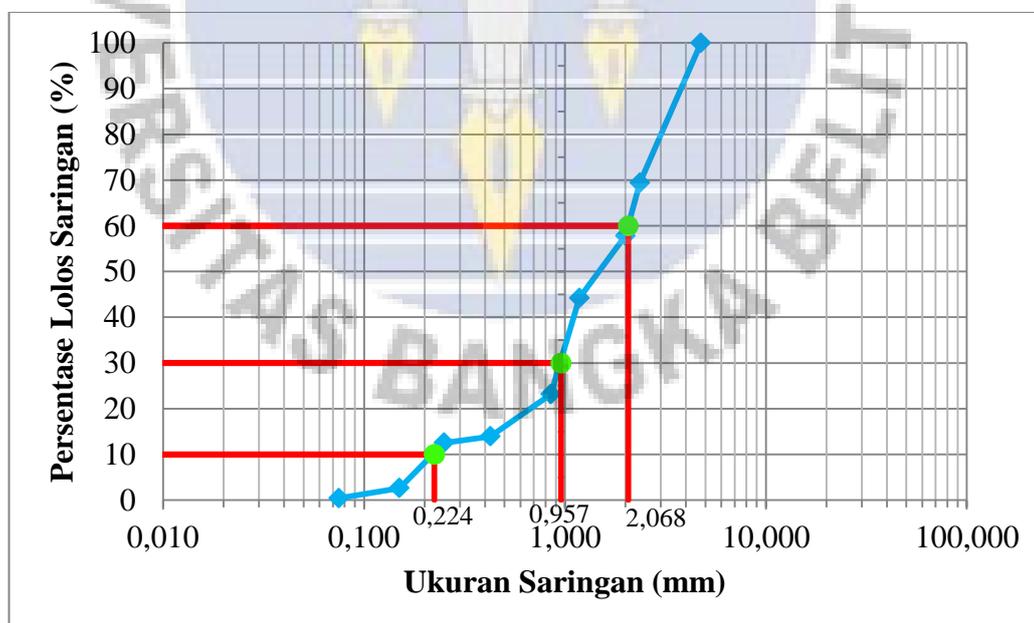
Sumber: Hasil pengujian, 2020

Gambar 4.2 Grafik distribusi butiran tanah 1

Pada Gambar 4.2 ditampilkan grafik distribusi butiran tanah 1. Garis berwarna biru pada grafik tersebut menunjukkan distribusi butiran tanah setiap saringan, dengan koordinat sumbu X adalah ukuran saringan (mm) dan koordinat sumbu Y adalah nilai persentase lolos saringan (%). Titik hijau yang ada pada garis biru menunjukkan posisi ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60%. Untuk mendapatkan ukuran saringan (mm) pada titik berwarna hijau adalah dengan menarik garis berwarna merah pada nilai persentase lolos saringan (%) secara horizontal ke kanan sampai bertemu garis berwarna biru, kemudian tarik garis berwarna merah secara vertikal ke bawah menuju ukuran saringan (mm).

Ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60% dapat diketahui juga dengan cara interpolasi pada tabel analisis saringan butir tanah 1. Hasil interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.26.

- 2) Grafik distribusi kumulatif ukuran butir tanah 2 ditampilkan pada Gambar 4.3.



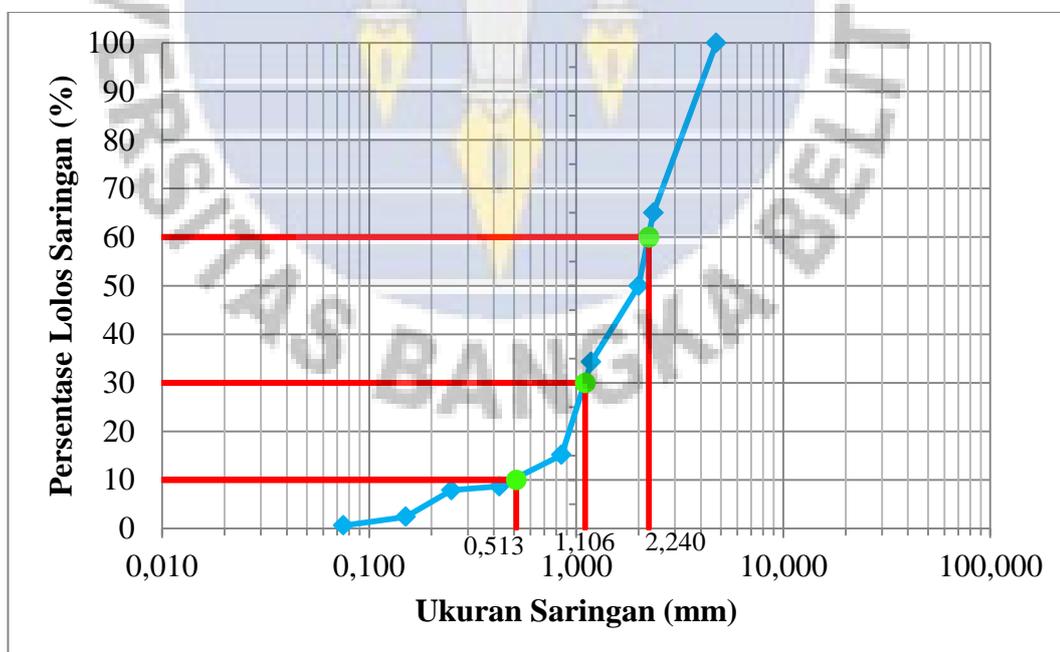
Sumber: Hasil pengujian, 2020

Gambar 4.3 Grafik distribusi butiran tanah 2

Pada Gambar 4.3 ditampilkan grafik distribusi butiran tanah 2. Garis berwarna biru pada grafik tersebut menunjukkan distribusi butiran tanah setiap saringan, dengan koordinat sumbu X adalah ukuran saringan (mm) dan koordinat sumbu Y adalah nilai persentase lolos saringan (%). Titik hijau yang ada pada garis biru menunjukkan posisi ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60%. Untuk mendapatkan ukuran saringan (mm) pada titik berwarna hijau adalah dengan menarik garis berwarna merah pada nilai persentase lolos saringan (%) secara horizontal ke kanan sampai bertemu garis berwarna biru, kemudian tarik garis berwarna merah secara vertikal ke bawah menuju ukuran saringan (mm).

Ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60% dapat diketahui juga dengan cara interpolasi pada tabel analisis saringan butir tanah 2. Hasil interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.26.

- 3) Grafik distribusi kumulatif ukuran butir tanah 3 ditampilkan pada Gambar 4.4.



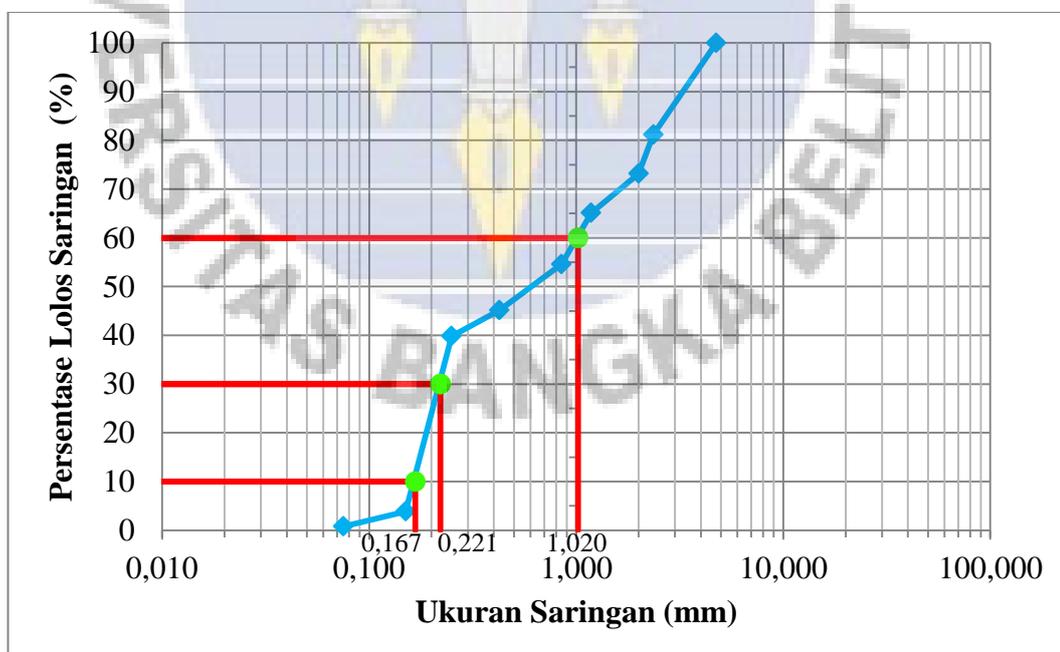
Sumber: Hasil pengujian, 2020

Gambar 4.4 Grafik distribusi butiran tanah 3

Pada Gambar 4.4 ditampilkan grafik distribusi butiran tanah 3. Garis berwarna biru pada grafik tersebut menunjukkan distribusi butiran tanah setiap saringan, dengan koordinat sumbu X adalah ukuran saringan (mm) dan koordinat sumbu Y adalah nilai persentase lolos saringan (%). Titik hijau yang ada pada garis biru menunjukkan posisi ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60%. Untuk mendapatkan ukuran saringan (mm) pada titik berwarna hijau adalah dengan menarik garis berwarna merah pada nilai persentase lolos saringan (%) secara horizontal ke kanan sampai bertemu garis berwarna biru, kemudian tarik garis berwarna merah secara vertikal ke bawah menuju ukuran saringan (mm).

Ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60% dapat diketahui juga dengan cara interpolasi pada tabel analisis saringan butir tanah 3. Hasil interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.31.

- 4) Grafik distribusi kumulatif ukuran butir tanah 4 ditampilkan pada Gambar 4.5.



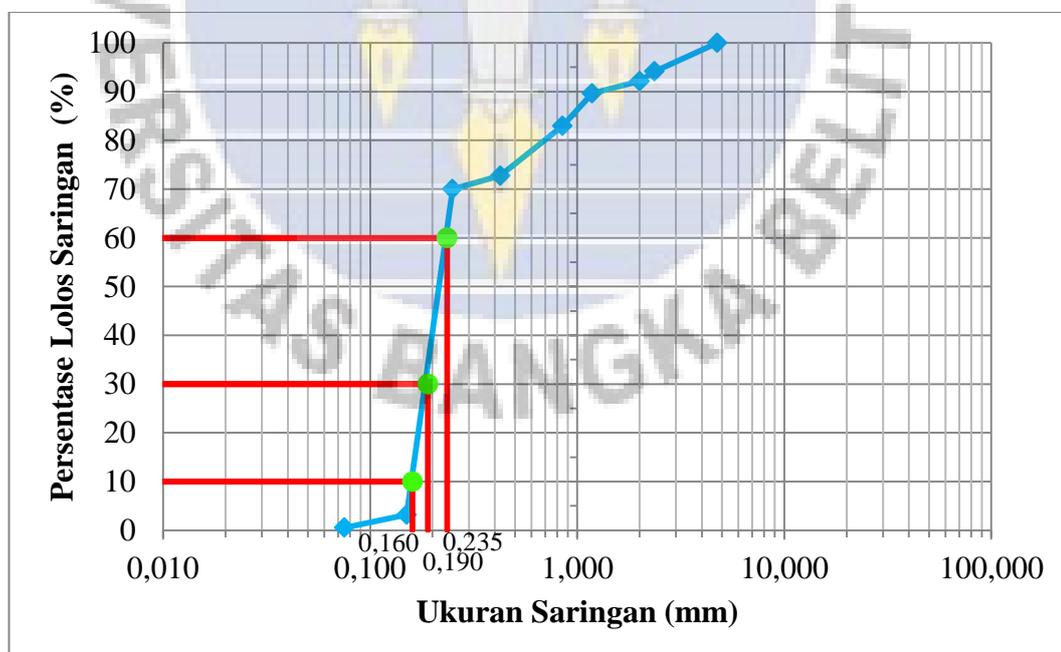
Sumber: Hasil pengujian, 2020

Gambar 4.5 Grafik distribusi butiran tanah 4

Pada Gambar 4.5 ditampilkan grafik distribusi butiran tanah 4. Garis berwarna biru pada grafik tersebut menunjukkan distribusi butiran tanah setiap saringan, dengan koordinat sumbu X adalah ukuran saringan (mm) dan koordinat sumbu Y adalah nilai persentase lolos saringan (%). Titik hijau yang ada pada garis biru menunjukkan posisi ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60%. Untuk mendapatkan ukuran saringan (mm) pada titik berwarna hijau adalah dengan menarik garis berwarna merah pada nilai persentase lolos saringan (%) secara horizontal ke kanan sampai bertemu garis berwarna biru, kemudian tarik garis berwarna merah secara vertikal ke bawah menuju ukuran saringan (mm).

Ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60% dapat diketahui juga dengan cara interpolasi pada tabel analisis saringan butir tanah 4. Hasil interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.31.

- 5) Grafik distribusi kumulatif ukuran butir tanah 5 ditampilkan pada Gambar 4.6.



Sumber: Hasil pengujian, 2020

Gambar 4.6 Grafik distribusi butiran tanah 5

Pada Gambar 4.6 ditampilkan grafik distribusi butiran tanah 5. Garis berwarna biru pada grafik tersebut menunjukkan distribusi butiran tanah setiap saringan, dengan koordinat sumbu X adalah ukuran saringan (mm) dan koordinat sumbu Y adalah nilai persentase lolos saringan (%). Titik hijau yang ada pada garis biru menunjukkan posisi ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60%. Untuk mendapatkan ukuran saringan (mm) pada titik berwarna hijau adalah dengan menarik garis berwarna merah pada nilai persentase lolos saringan (%) secara horizontal ke kanan sampai bertemu garis berwarna biru, kemudian tarik garis berwarna merah secara vertikal ke bawah menuju ukuran saringan (mm).

Ukuran saringan (mm) pada tanah dengan persentase lolos saringan 10%, 30%, dan 60% dapat diketahui juga dengan cara interpolasi pada tabel analisis saringan butir tanah 5. Hasil interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.31.

c. Interpolasi Nilai D10, D30 dan D60

Untuk menghitung nilai D10, D30, dan D60 dilakukan interpolasi berdasarkan tabel analisis saringan butiran tanah pada Tabel 4.26, Tabel 4.27, Tabel 4.28, Tabel 4.29, dan Tabel 4.30. Hasil perhitungan interpolasi ditampilkan pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Nilai D10, D30 dan D60

Sampel tanah ke-	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)
(a)	(b)	(c)	(d)
1	0,161	0,217	0,772
2	0,224	0,957	2,068
3	0,513	1,106	2,240
4	0,167	0,221	1,020
5	0,160	0,190	0,235

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Contoh perhitungan nilai D10 pada sampel tanah 1 adalah sebagai berikut.

$$\frac{10\% - 6,100\%}{41,590\% - 10\%} = \frac{x - 0,150}{0,250 - x}$$

$$\frac{3,900}{31,590} = \frac{x - 0,150}{0,250 - x}$$

$$31,590x - (31,590 * 0,150) = (3,900 * 0,250) - 3,900x$$

$$31,590x - 4,739 = 0,975 - 3,900x$$

$$31,590x + 3,900x = 0,975 + 4,739$$

$$35,490x = 5,714$$

$$x = \frac{5,714}{35,490} = 0,161$$

Jadi, nilai D10 pada sampel tanah ke-1 adalah 0,161 mm.

3. Menentukan simbol kelompok dan nama jenis tanah

Setelah diperoleh nilai D10, D30, dan D60, selanjutnya dihitung nilai koefisien keseragaman (Cu) serta koefisien kelengkungan (Cc). Hasil perhitungan nilai koefisien keseragaman (Cu) serta koefisien kelengkungan (Cc) ditampilkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Nilai koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien kelengkungan (Cc)

Sampel tanah ke-	Cu	Ket.	Cc	Ket.	Simbol kelompok	Nama jenis tanah
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1	4,795	Tidak memenuhi	0,379	Tidak memenuhi	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
2	9,232	Memenuhi	1,977	Memenuhi	SW	Pasir gradasi baik, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
3	4,366	Tidak memenuhi	1,060	Memenuhi	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
4	6,108	Memenuhi	0,286	Tidak memenuhi	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
5	1,469	Tidak memenuhi	0,960	Tidak memenuhi	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Contoh perhitungan nilai C_u dan C_c pada sampel tanah 1 adalah sebagai berikut.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,772}{0,161} = 4,795$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} = \frac{0,217^2}{0,161 * 0,772} = 0,379$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.32 menunjukkan sebagai berikut.

- a. Pada sampel tanah 1, nilai C_u lebih kecil dari 6 yaitu 4,795 dan nilai C_c lebih kecil dari 1 yaitu 0,379, maka menurut sistem klasifikasi tanah *USCS* dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah pasir bergradasi buruk dengan simbol kelompok adalah SP.
- b. Pada sampel tanah 2, nilai C_u lebih besar dari 6 yaitu 9,232 dan nilai C_c diantara 1 sampai 3 yaitu 1,977, maka menurut sistem klasifikasi tanah *USCS* dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah pasir bergradasi bergradasi baik dengan simbol kelompok adalah SW.
- c. Pada sampel tanah 3, nilai C_u lebih kecil dari 6 yaitu 4,366 dan nilai C_c diantara 1 sampai 3 yaitu 1,060, maka menurut sistem klasifikasi tanah *USCS* dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah pasir bergradasi buruk dengan simbol kelompok adalah SP.
- d. Pada sampel tanah 4, nilai C_u lebih besar dari 6 yaitu 6,108 dan nilai C_c lebih kecil dari 1 yaitu 0,286, maka menurut sistem klasifikasi tanah *USCS* dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah pasir bergradasi buruk dengan simbol kelompok adalah SP.
- e. Pada sampel tanah 5, nilai C_u lebih kecil dari 6 yaitu 1,469 dan nilai C_c lebih kecil dari 1 yaitu 0,960, maka menurut sistem klasifikasi tanah *USCS* dapat disimpulkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah pasir bergradasi buruk dengan simbol kelompok adalah SP.

4.6 Menentukan Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah (K)

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel tanah yang telah dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa jenis tanah yang ada di Desa Kayu Besi adalah pasir. Dalam penentuan nilai koefisien permeabilitas tanah (K) pada Tabel 2.17, pasir dikategorikan berdasarkan pasir kasar dan halus, oleh karena itu digunakan SNI 03-6371-2000 tentang Tata Cara Pengklasifikasian Tanah dengan Cara Unifikasi Tanah. Hasil kategori pasir menurut SNI 03-6371-2000 dalam perencanaan ini ditampilkan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Klasifikasi tanah di Desa Kayu Besi menurut SNI 03-6371-2000

Kategori pasir	Sampel tanah 1	Sampel tanah 2	Sampel tanah 3	Sampel tanah 4	Sampel tanah 5
(a)	(b)	(c)	(c)	(c)	(c)
Pasir kasar					
% Lolos saringan No. 4	100	100	100	100	100
% Tertahan saringan No. 10	6,150	11,600	15,040	8,020	5,880
Berat tertahan (gram)	90,250	210,950	250,200	134,250	39,350
Pasir sedang					
% Lolos saringan No. 10	81,950	57,810	49,960	73,150	92,130
% Tertahan saringan No. 40	18,720	9,220	6,490	9,470	10,220
Berat tertahan (gram)	186,100	219,400	206,500	140,100	97,050
Pasir halus					
% Lolos saringan No. 40	44,730	13,930	8,660	45,130	72,720
% Tertahan saringan No. 200	5,600	2,200	1,770	3,070	2,660
Berat tertahan (gram)	221,150	67,500	40,200	221,800	361,050

Sumber: Hasil pengujian, 2020

Dari Tabel di atas dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada sampel tanah 1 kategori pasir yang dominan adalah pasir halus dengan berat 221,510 gram, oleh karena itu sampel tanah 1 diklasifikasikan tanah dengan kategori pasir halus. Dari Tabel 2.17 dapat dilihat nilai koefisien permeabilitas tanah (K) untuk pasir halus adalah antara 0,01 - 0,001 cm/detik.
2. Pada sampel tanah 2 kategori pasir yang dominan adalah pasir sedang dengan berat 219,400 gram. Tetapi, pada Tabel 2.17 tidak ada koefisien permeabilitas untuk jenis tanah pasir sedang, oleh karena itu sampel tanah 1 diklasifikasikan tanah dengan kategori pasir dengan nilai koefisien permeabilitas tanah (K) antara 1,00 - 0,001 cm/detik.

3. Pada sampel tanah 3 kategori pasir yang dominan adalah pasir kasar dengan berat 250,200 gram, oleh karena itu sampel tanah 3 diklasifikasikan tanah dengan kategori pasir kasar. Dari Tabel 2.17 dapat dilihat nilai koefisien permeabilitas tanah (K) untuk pasir halus adalah antara 1,00 - 0,01 cm/detik.
4. Pada sampel tanah 4 kategori pasir yang dominan adalah pasir halus dengan berat 221,800 gram, oleh karena itu sampel tanah 4 diklasifikasikan tanah dengan kategori pasir halus. Dari Tabel 2.17 dapat dilihat nilai koefisien permeabilitas tanah (K) untuk pasir halus adalah antara 0,01 - 0,001 cm/detik.
5. Pada sampel tanah 5 kategori pasir yang dominan adalah pasir halus dengan berat 361,050 gram, oleh karena itu sampel tanah 5 diklasifikasikan tanah dengan kategori pasir halus. Dari Tabel 2.17 dapat dilihat nilai koefisien permeabilitas tanah (K) untuk pasir halus adalah antara 0,01 - 0,001 cm/detik.

4.7 Perencanaan Dimensi Kolam PAH Terintegrasi Sumur Resapan

Tampungan yang direncanakan pada skripsi ini terdiri dari kolam PAH dan sumur resapan. Yang dimaksud dengan kolam dalam perencanaan ini adalah bak atau wadah untuk menampung air hujan. Kolam PAH digunakan untuk menampung limpasan air hujan yang berasal dari atap rumah dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku. Sumur resapan digunakan untuk menampung air dari limpasan kolam PAH kemudian diresapkan ke dalam tanah.

Metode yang digunakan untuk menghitung volume kolam PAH adalah Metode Maryono (2016) yang merupakan hasil substitusi dari persamaan hubungan antara debit, volume air hujan, dan durasi hujan dengan hubungan antara debit, kecepatan air hujan, dan luas penampang pipa talang. Dipilihnya metode ini untuk perhitungan volume kolam PAH adalah sebagai berikut.

1. Metode ini adalah metode yang umum dengan variabel yang tidak rumit, tepat guna, dapat dilaksanakan dan dikembangkan dengan mudah oleh masyarakat luas. Sesuai dengan studi kasus pada skripsi ini yaitu perencanaan di Desa Kayu Besi yang bersifat tampungan mandiri.

2. Perhitungan volume kolam PAH didasarkan pada jumlah hari hujan yang terjadi selama musim hujan. Hal ini sesuai dengan data yang digunakan yaitu data hujan harian.
3. Metode ini direncanakan untuk jangka pendek, dengan menampung air hujan yang terjadi selama 1 minggu. Sehingga, kapasitas kolam PAH dan lahan yang dibutuhkan tidak besar.

Sumur resapan menampung air dari limpasan kolam PAH kemudian diresapkan ke dalam tanah. Metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas sumur resapan adalah menggunakan Metode Sunjoto (1988). Penggunaan metode ini dikarenakan, hasil perhitungan kapasitas sumur resapan dari Metode Sunjoto (1988) adalah 4 kali lebih kecil dibandingkan dengan kedua metode yang lain (Metode PU dan HMTL-ITB). Jika menggunakan Metode PU dan HMTL-ITB, tidak memungkinkan untuk diterapkan karena seperti kedalaman pada sumur dalam atau dapat diterapkan tetapi dengan jumlah sumur resapan 4 kali lebih banyak. Oleh karena itu, Metode Sunjoto (1988) dapat dikatakan memiliki keandalan untuk menghitung kapasitas sumur resapan dalam skala rumah tangga.

4.7.1 Perencanaan untuk Kantor Desa Kayu Besi

1. Dimensi Kolam PAH

Kantor desa memiliki luas bangunan sebesar 154 m^2 , luas atap sebesar 208 m^2 , dan jumlah pegawai sebanyak 18 orang. Langkah-langkah untuk merencanakan dimensi kolam PAH pada Kantor Desa Kayu Besi adalah sebagai berikut.

a. Menghitung volume kolam PAH

Langkah-langkah untuk menghitung volume kolam PAH adalah sebagai berikut.

1) Menghitung jumlah kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku untuk perkatoran adalah 25 liter/orang/hari (dapat dilihat pada Halaman 34). Oleh karena itu, untuk kebutuhan air baku pada Kantor Desa Kayu Besi dapat dihitung sebagai berikut.

Kebutuhan air baku (Q) = 25 * Jumlah karyawan

$$= \left(\frac{25}{1000} * 18 \right)$$

$$= 0,450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kebutuhan air total (Q}_{\text{Total}}) = \text{Kebutuhan air baku} * \text{Jumlah hari}$$

$$= 0,450 * 6$$

$$= 2,7 \text{ m}^3$$

Catatan: Jumlah hari yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air total adalah jumlah hari kerja sebanyak 6 hari.

2) Debit limpasan (Q)

Nilai debit limpasan air hujan (Q) dihitung berdasarkan air hujan yang melimpas dari atap Kantor Desa Kayu Besi. Untuk menentukan nilai debit limpasan air hujan yang terjadi, ada beberapa parameter yang harus diketahui, yaitu intensitas hujan (I), luas area/wilayah tangkapan hujan (A), dan koefisien limpasan/tata guna lahan (C). Luas atap yang digunakan adalah luas atap Kantor Desa Kayu Besi yaitu 208 m². Nilai koefisien limpasan/tata guna lahan (C) untuk atap adalah 0,95. Nilai intensitas hujan dihitung sebagai berikut.

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) * \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{99,696}{24} \right) * \left(\frac{24}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 21,773 \text{ mm/jam}$$

Hujan maksimum (R₂₄) diperoleh dari perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel pada Halaman 79, sedangkan waktu hujan (t) diasumsikan terjadi selama 2 jam.

Dari parameter di atas, debit limpasan air hujan dihitung sebagai berikut.

$$Q = C * I * A$$

$$= 0,95 * \frac{21,773}{1000} * 208$$

$$= 4,303 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3) Menghitung volume air hujan yang tertampung

Volume air hujan yang dapat ditampung di Kantor Desa Kayu Besi dapat dihitung sebagai berikut.

$$V = 0,8 * (n * Q * \beta * t)$$

$$= 0,8 * (3 * 4,303 * 1 * 2)$$

$$= 25,814 \text{ m}^3 \approx 26 \text{ m}^3$$

Jadi, volume kolam PAH yang dibangun adalah sebesar volume air hujan yang dapat ditampung di Kantor Desa Kayu Besi, yaitu sebesar 26 m^3 .

b. Menentukan dimensi kolam PAH

Setelah volume kolam PAH diperoleh, selanjutnya ditentukan dimensi kolam yang akan digunakan. Dari volume kolam PAH 26 m^3 , maka dimensi kolam PAH yang digunakan untuk menampung air hujan adalah $4,5 * 4 * 1,5 \text{ m}$. Dari hasil perhitungan kebutuhan air baku dan volume air hujan yang dapat ditampung di Kantor Desa Kayu Besi, menunjukkan bahwa air hujan yang dapat ditampung dengan volume $26 \text{ m}^3/\text{minggu}$ lebih besar dari pada kebutuhan air baku di Kantor Desa Kayu Besi dengan volume kebutuhan $2,7 \text{ m}^3/\text{minggu}$. Dengan direncanakannya kolam PAH ini, air hujan yang ditampung dapat menggantikan air tanah sepenuhnya.

2. Kedalaman Sumur Resapan

Perencanaan kolam PAH disertai dengan perencanaan sumur resapan. Sumur resapan direncanakan untuk menampung kelebihan air dari kolam PAH kemudian meresapkannya ke dalam tanah. Kelebihan air hujan dari kolam PAH dapat terjadi karena jumlah hari hujan, intensitas hujan dan waktu hujan yang terjadi lebih besar dari nilai yang direncanakan. Untuk menentukan kedalaman sumur resapan yang dibutuhkan dalam perencanaan ini ada beberapa parameter yang harus diketahui, yaitu koefisien permeabilitas tanah (K), debit limpasan (Q), lamanya hujan (T), dan faktor geometrik sumur resapan (F).

- a. Nilai koefisien permeabilitas tanah (K) digunakan adalah $0,01 \text{ cm/detik}$ atau $0,36 \text{ cm/jam}$ untuk jenis tanah kategori pasir halus (sampel tanah 1) sesuai dengan hasil analisis pada sub bab 4.5 Halaman 114.
- b. Nilai debit limpasan (Q) yang digunakan untuk menentukan kedalaman sumur resapan dalam perencanaan ini adalah sama dengan debit limpasan

pada perhitungan volume kolam PAH yaitu 4,303 m³/jam (dapat dilihat pada Halaman 121).

c. Lamanya hujan (T) pada perencanaan ini diasumsikan terjadi selama 2 jam, berdasarkan SNI 8456-2017.

d. Faktor geometrik sumur resapan (F)

Bentuk grafis yang digunakan pada perencanaan ini adalah sumur resapan yang terletak pada tanah seluruhnya porous dengan seluruh dinding permeabel dan dasar sumur setengah bola. Dipilihnya bentuk ini dikarenakan setelah dilakukan perhitungan dengan beberapa bentuk, diperoleh hasil F yang terbesar adalah nomor 7a pada Tabel 2.16. Nilai F yang besar ini akan menghasilkan kedalaman sumur resapan yang rendah. Sedangkan untuk nilai R ditentukan berdasarkan SNI 8456-2017 dengan nilai diameter antara 0,8 – 1 m. Pada penelitian ini digunakan nilai diameter maksimum yaitu, 1 m atau R = 0,5 m.

Perhitungan faktor geometrik tersebut adalah sebagai berikut.

Diketahui : R = 0,5 m

$$\begin{aligned}
 F_{7a} &= \frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln\left\{\frac{(H+2R)}{3R}\right\} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1}} \\
 &= \frac{2 * \pi * 0 + \pi^2 * 0,4 * \ln 2}{\ln\left\{\frac{(0+2 * 0,4)}{3 * 0,4}\right\} + \sqrt{\left(\frac{0}{3 * 0,4}\right)^2 + 1}} \\
 &= 5,357
 \end{aligned}$$

e. Perhitungan kedalaman sumur resapan

Kedalaman sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi dengan luas atap 208 m² dengan jumlah karyawan 18 orang dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{Q}{F * K} \left(1 - \exp\left(-\frac{F * K * T}{\pi * R^2}\right)\right) \\
 &= \frac{4,303}{5,357 * 0,36} \left(1 - \exp\left(-\frac{5,357 * 0,36 * 2}{\pi * 0,5^2}\right)\right)
 \end{aligned}$$

$$= 2,214 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$$

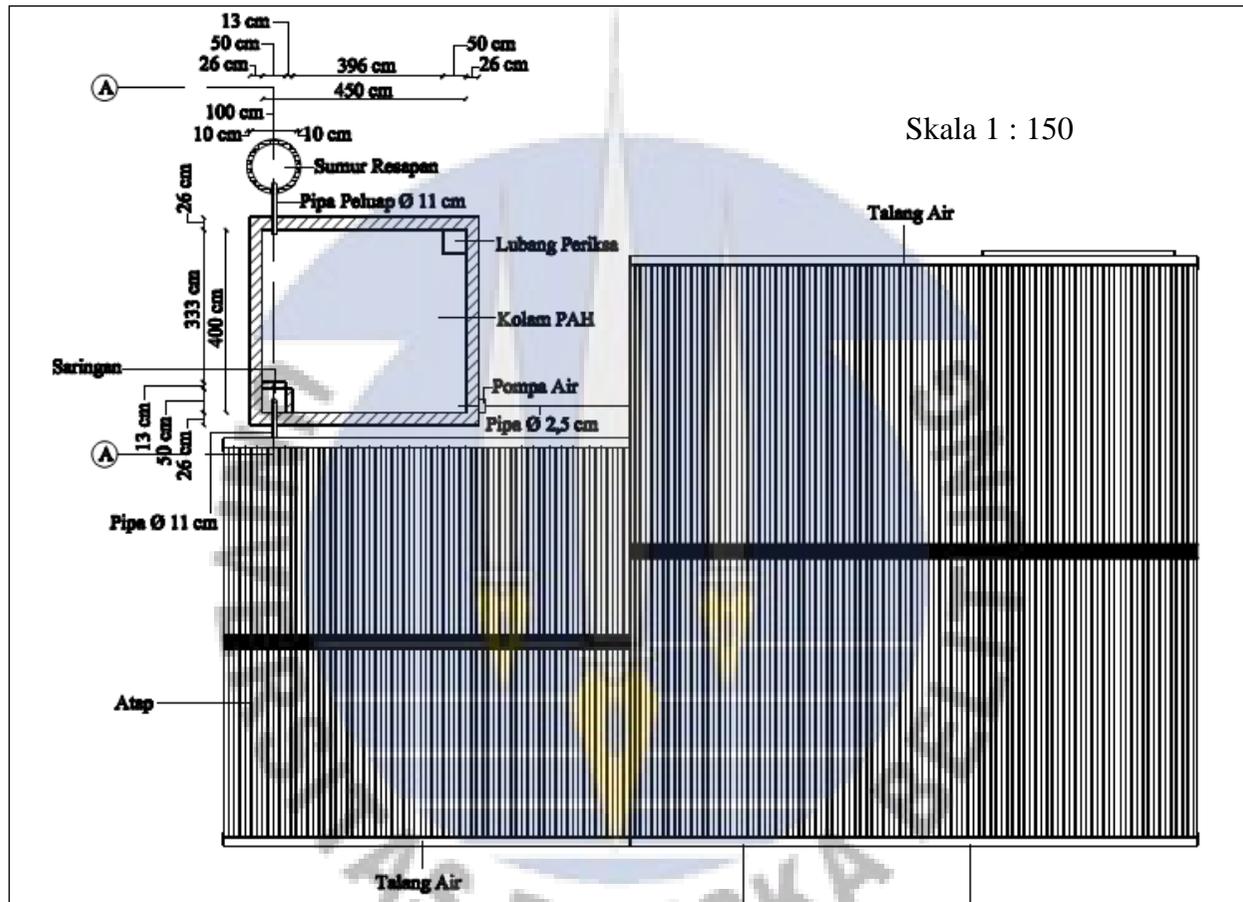
Jadi, kedalaman sumur resapan yang dibutuhkan untuk meresapkan air pada Kantor Desa Kayu Besi adalah 2,5 m.

3. Desain Kolam PAH Terintegrasi Sumur Resapan

Dimensi kolam PAH yang direncanakan untuk Kantor Desa Kayu Besi adalah dengan panjang 4,5 m, lebar 4 m, dan tinggi 1,5 m, serta sumur resapan dengan diameter 1 m dan kedalaman 2,5 m. Komponen kolam PAH terintegrasi sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi terdiri dari sebagai berikut.

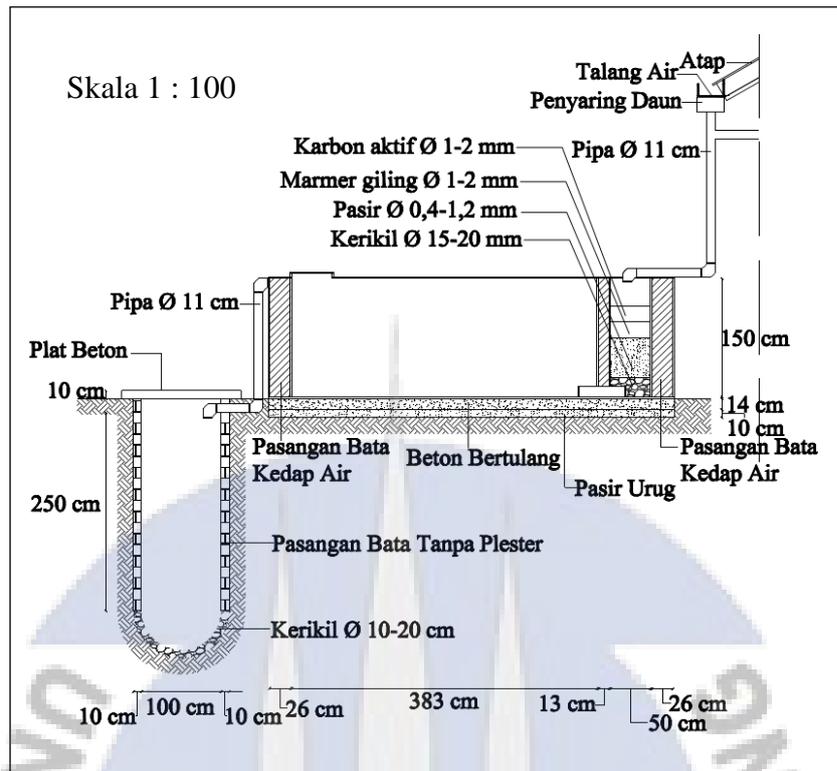
- a. Bidang penangkap air berupa atap rumah sebagai daerah tangkapan air hujan sebelum jatuh ke tanah.
- b. Talang rambu yang berfungsi mengalirkan air dari atap ke talang tegak, sedangkan talang tegak yang berfungsi mengalirkan air dari talang rambu ke kolam PAH.
- c. Saringan untuk menyaring daun dan kotoran-kotoran yang berasal dari atap supaya tidak masuk ke dalam PAH dan sumur resapan.
- d. Lubang periksa sebagai akses untuk masuk ke kolam PAH saat memperbaiki atau membersihkan kolam.
- e. Kolam penampung yang terbuat dari pasangan batu untuk menampung air hujan sebagai air baku.
- f. Pipa peluap untuk mengalirkan air hujan yang melebihi volume kolam PAH ke sumur resapan.
- g. Pompa air untuk mengalirkan air dari kolam PAH ke toilet.
- h. Sumur resapan dengan seluruh sisi bawah porous yang terbuat dari bata kosong. Sumur resapan berfungsi untuk menampung kelebihan air hujan dari kolam PAH dan meresapkannya ke dalam tanah.

Desain dan penempatan PAH terintegrasi sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Sumber: Hasil perencanaan, 2020

Gambar 4.7 Denah kolam PAH terintegrasi sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi



Sumber: Hasil perencanaan, 2020

Gambar 4.8 Potongan A-A kolam PAH terintegrasi sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi

4.7.2 Perencanaan untuk Masjid Desa Kayu Besi

1. Dimensi Kolam PAH

Masjid Desa Kayu Besi memiliki luas bangunan $351,1 \text{ m}^2$, dengan luas atap 407 m^2 . Langkah-langkah untuk merencanakan dimensi kolam PAH pada Masjid Desa Kayu Besi adalah sebagai berikut.

a. Menghitung volume kolam PAH

Langkah-langkah untuk menghitung volume kolam PAH adalah sebagai berikut.

1) Menghitung jumlah kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku untuk masjid dihitung berdasarkan luas lantai bangunannya yaitu $50 \text{ liter/m}^2/\text{hari}$ (dapat dilihat pada Halaman 34). Oleh

karena itu, kebutuhan air baku pada Masjid Desa Kayu Besi dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air baku (Q)} &= 50 * \text{Luas lantai masjid} \\ &= \left(\frac{50}{1000} * 351,1\right) \\ &= 17,555 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air total (Q}_{\text{Total}}) &= \text{Kebutuhan air baku} * \text{Jumlah hari} \\ &= 17,555 * 7 \\ &= 122,885 \text{ m}^3/\text{minggu}\end{aligned}$$

Catatan: Jumlah hari yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air total adalah jumlah hari dalam 1 minggu yaitu 7 hari, karena masjid digunakan setiap hari.

2) Debit limpasan (Q)

Nilai debit limpasan air hujan (Q) yang digunakan untuk menentukan kapasitas sumur resapan dalam perencanaan ini dihitung berdasarkan air hujan yang melimpas dari atap Masjid Desa Kayu Besi. Untuk menentukan nilai debit limpasan air hujan yang terjadi, ada beberapa parameter yang harus diketahui, yaitu intensitas hujan (I), luas area/wilayah tangkapan hujan (A), dan koefisien limpasan/tata guna lahan (C). Luas atap yang digunakan adalah luas atap Masjid Desa Kayu Besi yaitu 407 m². Nilai koefisien limpasan/tata guna lahan (C) untuk atap adalah 0,95. Nilai intensitas hujan dihitung sebagai berikut.

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) * \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{99,696}{24}\right) * \left(\frac{24}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 21,773 \text{ mm/jam}$$

Hujan maksimum (R₂₄) diperoleh dari perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel pada Halaman 79, sedangkan waktu hujan (t) diasumsikan terjadi selama 2 jam.

Dari parameter di atas, debit limpasan air hujan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}Q &= C * I * A \\ &= 0,95 * \frac{21,773}{1000} * 407\end{aligned}$$

$$= 8,419 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3) Menghitung volume air hujan yang tertampung

Volume air hujan yang tertampung pada Kantor Desa Kayu Besi dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= 0,8 * (n * Q * \beta * t) \\ &= 0,8 * (3 * 8,419 * 1 * 2) \\ &= 50,511 \text{ m}^3 \approx 51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume kolam PAH yang dibangun adalah sebesar volume air hujan yang dapat ditampung di Masjid Desa Kayu Besi, yaitu sebesar 51 m^3 .

b. Menentukan dimensi kolam PAH

Setelah volume kolam PAH diperoleh, selanjutnya ditentukan dimensi kolam yang akan digunakan. Dari volume kolam PAH 51 m^3 , maka dimensi kolam PAH yang digunakan untuk menampung air hujan adalah $6 * 5,5 * 1,6 \text{ m}$. Dari hasil perhitungan kebutuhan air baku dan volume air hujan yang dapat ditampung di Masjid Desa Kayu Besi menunjukkan bahwa air hujan yang dapat ditampung dengan volume $51 \text{ m}^3/\text{minggu}$ lebih kecil dari pada kebutuhan air baku di Masjid Desa Kayu Besi dengan volume kebutuhan $122,885 \text{ m}^3/\text{minggu}$. Dengan direncanakannya kolam PAH ini, air hujan yang ditampung dapat membantu mengurangi penggunaan air tanah, sehingga penggunaan air tanah yang digunakan setiap minggu menjadi $67,885 \text{ m}^3/\text{minggu}$.

2. Kedalaman Sumur Resapan

Perencanaan kolam PAH disertai dengan perencanaan sumur resapan. Sumur resapan direncanakan untuk menampung kelebihan air dari kolam PAH kemudian meresapkannya ke dalam tanah. Kelebihan air hujan dari kolam PAH dapat terjadi karena jumlah hari hujan, intensitas hujan dan waktu hujan yang terjadi lebih besar dari nilai yang direncanakan. Untuk menentukan kedalaman sumur resapan yang dibutuhkan dalam perencanaan ini ada beberapa parameter

yang harus diketahui, yaitu koefisien permeabilitas tanah (K), debit limpasan (Q), lamanya hujan (T), dan faktor geometrik sumur resapan (F).

- Nilai koefisien permeabilitas tanah (K) digunakan adalah 0,01 cm/detik atau 0,36 cm/jam untuk jenis tanah kategori pasir (sampel tanah 2) sesuai dengan hasil analisis pada sub bab 4.5 Halaman 114.
- Nilai debit limpasan (Q) yang digunakan untuk menentukan kedalaman sumur resapan dalam perencanaan ini adalah sama dengan debit limpasan pada perhitungan volume kolam PAH yaitu 8,419 m³/jam (dapat dilihat pada Halaman 127).
- Lamanya hujan (T) pada perencanaan ini diasumsikan terjadi selama 2 jam, berdasarkan SNI 8456-2017.
- Faktor geometrik sumur resapan (F)

Bentuk grafis yang digunakan pada perencanaan ini adalah sumur resapan yang terletak pada tanah seluruhnya porous dengan seluruh dinding permeabel dan dasar sumur setengah bola. Dipilihnya bentuk ini dikarenakan setelah dilakukan perhitungan dengan beberapa bentuk, diperoleh hasil F yang terbesar adalah nomor 7a pada Tabel 2.16. Nilai F yang besar ini akan menghasilkan kedalaman sumur resapan yang rendah. Sedangkan untuk nilai R ditentukan berdasarkan SNI 8456-2017 dengan nilai diameter antara 0,8 – 1 m. Pada penelitian ini digunakan nilai diameter maksimum yaitu, 1 m atau R = 0,5 m.

Perhitungan faktor geometrik tersebut adalah sebagai berikut.

Diketahui : R = 0,5 m

$$\begin{aligned}
 F_{7a} &= \frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln\left\{\frac{(H + 2R)}{3R}\right\} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1}} \\
 &= \frac{2 * \pi * 0 + \pi^2 * 0,4 * \ln 2}{\ln\left\{\frac{(0 + 2 * 0,4)}{3 * 0,4}\right\} + \sqrt{\left(\frac{0}{3 * 0,4}\right)^2 + 1}} \\
 &= 5,357
 \end{aligned}$$

f. Perhitungan kedalaman sumur resapan

Kedalaman sumur resapan pada Masjid Desa Kayu Besi dengan luas bangunan 351,1 m² dan luas atap 407 m² dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{Q}{F * K} \left(1 - \exp \left(- \frac{F * K * T}{\pi * R^2} \right) \right) \\
 &= \frac{8,419}{5,357 * 0,36} \left(1 - \exp \left(- \frac{5,357 * 0,36 * 2}{\pi * 0,5^2} \right) \right) \\
 &= 4,333 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, kedalaman sumur resapan yang dibutuhkan untuk meresapkan air pada Kantor Desa Kayu Besi adalah 4,5 m.

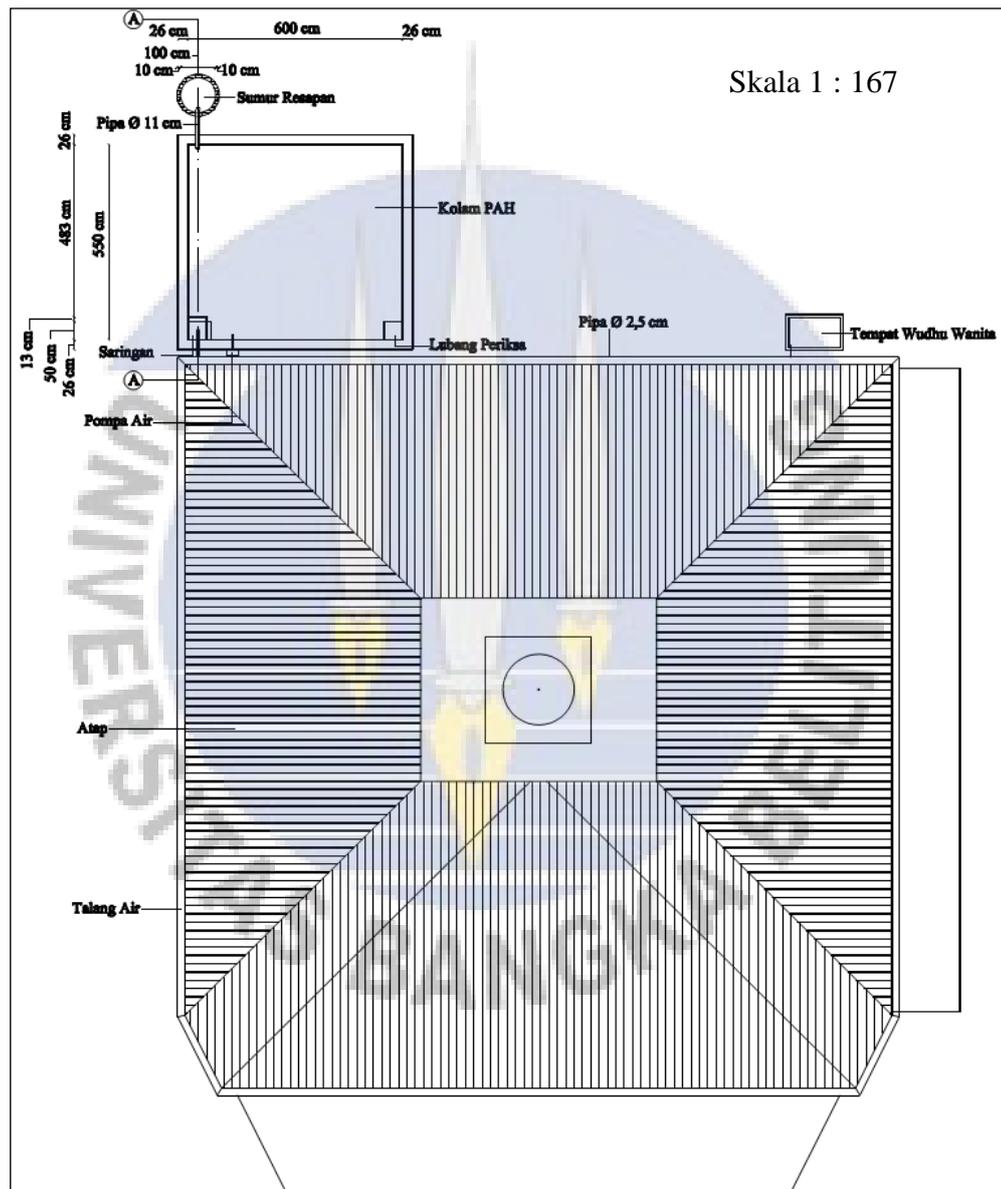
3. Desain Kolam PAH Terintegrasi Sumur Resapan

Dimensi kolam PAH yang direncanakan untuk Masjid Desa Kayu Besi adalah dengan panjang 6 m, lebar 5,5 m, dan tinggi 1,6 m, serta sumur resapan dengan diameter 1 m dan kedalaman 4,5 m. Komponen kolam PAH terintegrasi sumur resapan pada Kantor Desa Kayu Besi terdiri dari sebagai berikut.

- a. Bidang penangkap air berupa atap rumah sebagai daerah tangkapan air hujan sebelum jatuh ke tanah.
- b. Talang rambu yang berfungsi mengalirkan air dari atap ke talang tegak, sedangkan talang tegak yang berfungsi mengalirkan air dari talang rambu ke kolam PAH.
- c. Saringan untuk menyaring daun dan kotoran-kotoran yang berasal dari atap supaya tidak masuk ke dalam PAH dan sumur resapan.
- d. Lubang periksa sebagai akses untuk masuk ke kolam PAH saat memperbaiki atau membersihkan kolam.
- e. Kolam penampung yang terbuat dari pasangan batu untuk menampung air hujan sebagai air baku.
- f. Pipa peluap untuk mengalirkan air hujan yang melebihi volume kolam PAH ke sumur resapan.
- g. Pompa air untuk mengalirkan air dari kolam PAH ke toilet.

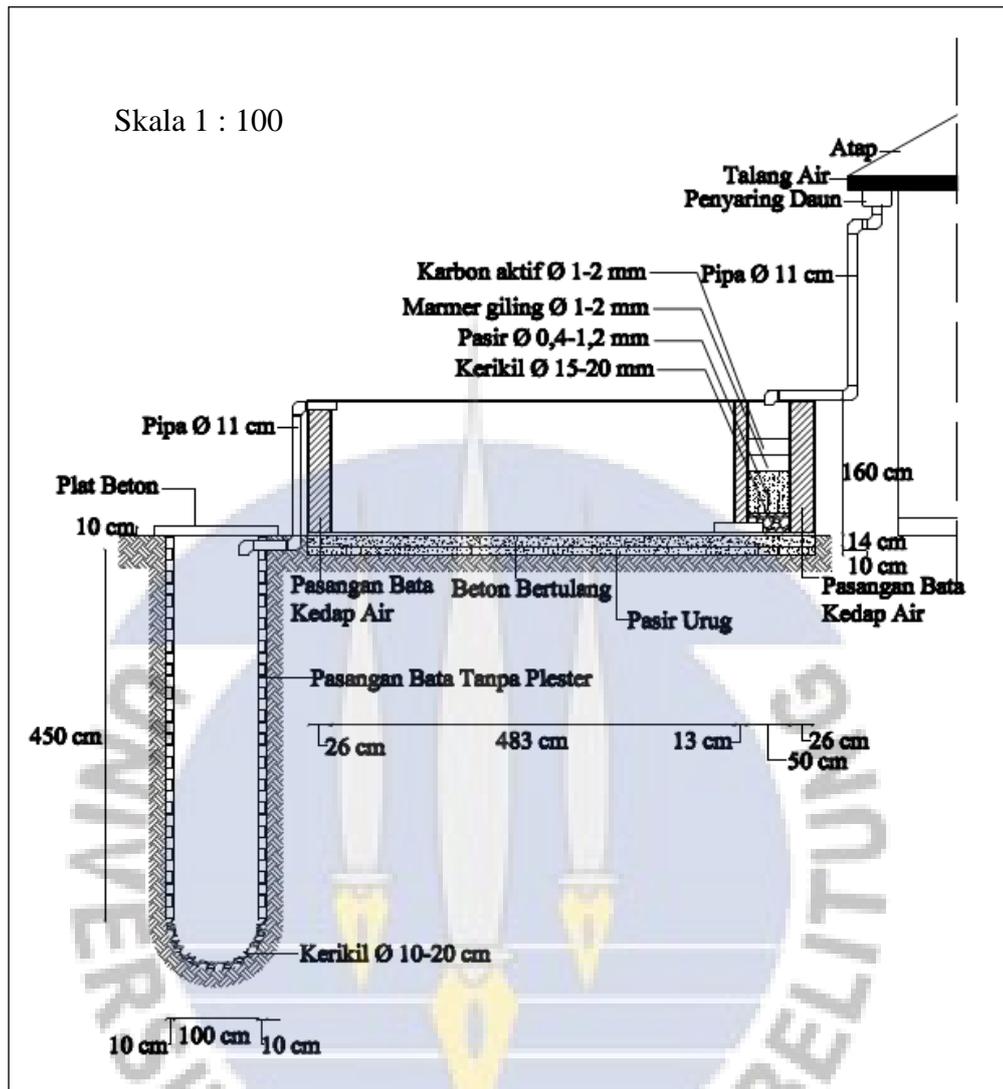
- h. Sumur resapan dengan seluruh sisi bawah porous yang terbuat dari bata kosong. Sumur resapan berfungsi untuk menampung kelebihan air hujan dari kolam PAH dan meresapkannya ke dalam tanah.

Desain dan penempatan PAH terintegrasi sumur resapan pada Masjid Desa Kayu Besi dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Sumber: Hasil perencanaan, 2020

Gambar 4.9 Denah kolam PAH terintegrasi sumur resapan pada Masjid Desa Kayu Besi



Sumber: Hasil perencanaan, 2020

Gambar 4.10 Potongan A-A pada Masjid Desa Kayu Besi