

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Wilayah Studi Penelitian

Kabupaten Bondowoso adalah sebuah salah satu kabupaten dalam lingkup Propinsi Jawa Timur yang terletak di sebelah timur Pulau Jawa. Dikenal dengan sebutan daerah tapal kuda. Ibukotanya adalah Bondowoso. Kabupaten Bondowoso memiliki luas wilayah 1.560,10 km<sup>2</sup> yang secara geografis berada pada koordinat antara 113°48'10" - 113°48'26" BT dan 7°50'10" - 7°56'41" LS. Kabupaten Bondowoso memiliki suhu udara yang cukup sejuk berkisar 15,40 °C – 25,10 °C, karena berada di antara pegunungan Kendeng Utara dengan puncaknya Gunung Raung, Gunung Ijen dan sebagainya di sebelah timur serta kaki pegunungan Hyang dengan puncak Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap di sebelah barat. Sedangkan di sebelah utara terdapat Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa. Letak Kabupaten Bondowoso tidak berada pada daerah yang strategis. Gambar 4.1 menunjukkan posisi kota Bondowoso di wilayah Jawa Timur.

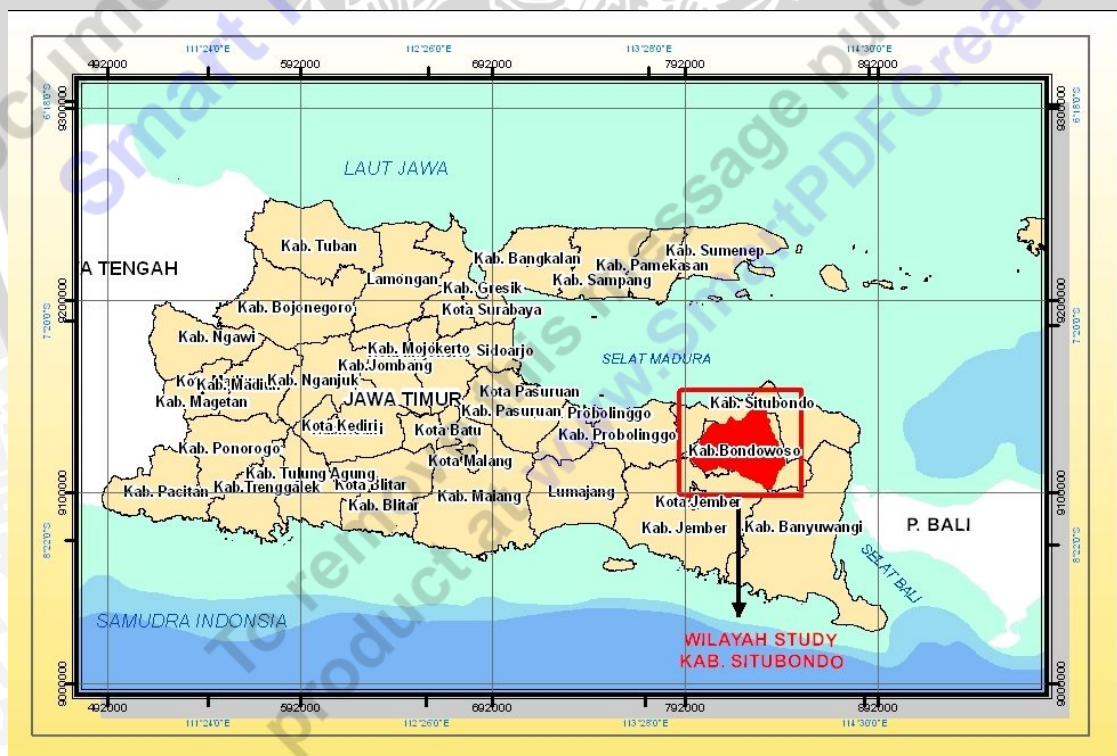


**Gambar 4.1. Lokasi Kota Bondowoso, Jawa Timur**

Berdasarkan tinjauan geologis di Kabupaten Bondowoso terdapat 5 jenis batuan, yaitu hasil gunung api kwarter 21,6%, hasil gunung api kwarter muda 62,8%, batuan lensit 5,6%, alluvium 8,5% dan miasem jasies sedimen 1,5%. Untuk jenis tanahnya 96,9% bertekstur sedang yang meliputi lempung, lempung berdebu dan lempung liat berpasir; dan 3,1% bertekstur kasar yang meliputi pasir dan pasir berlempung. Berdasarkan tinjauan geologi, topografi, jenis tanah dan pola pemanfaatan lahan, wilayah Kabupaten Bondowoso memiliki karakteristik sebagai kawasan rawan terhadap terjadinya bencana alam, khususnya banjir dan longsor.

DAS Sampean Baru terletak di wilayah Bondowoso, Jawa Timur yang meliputi sebagian besar wilayah Kabupaten Bondowoso (Gambar 4.2). Secara geografis, Kabupaten Bondowoso mempunyai batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah utara : Kabupaten Situbondo,
- Sebelah timur : Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi,
- Sebelah selatan : Kabupaten Jember,
- Sebelah barat : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo.



Gambar 4.2 Wilayah DAS Sampean Baru

## 4.2 Analisa Hidrologi

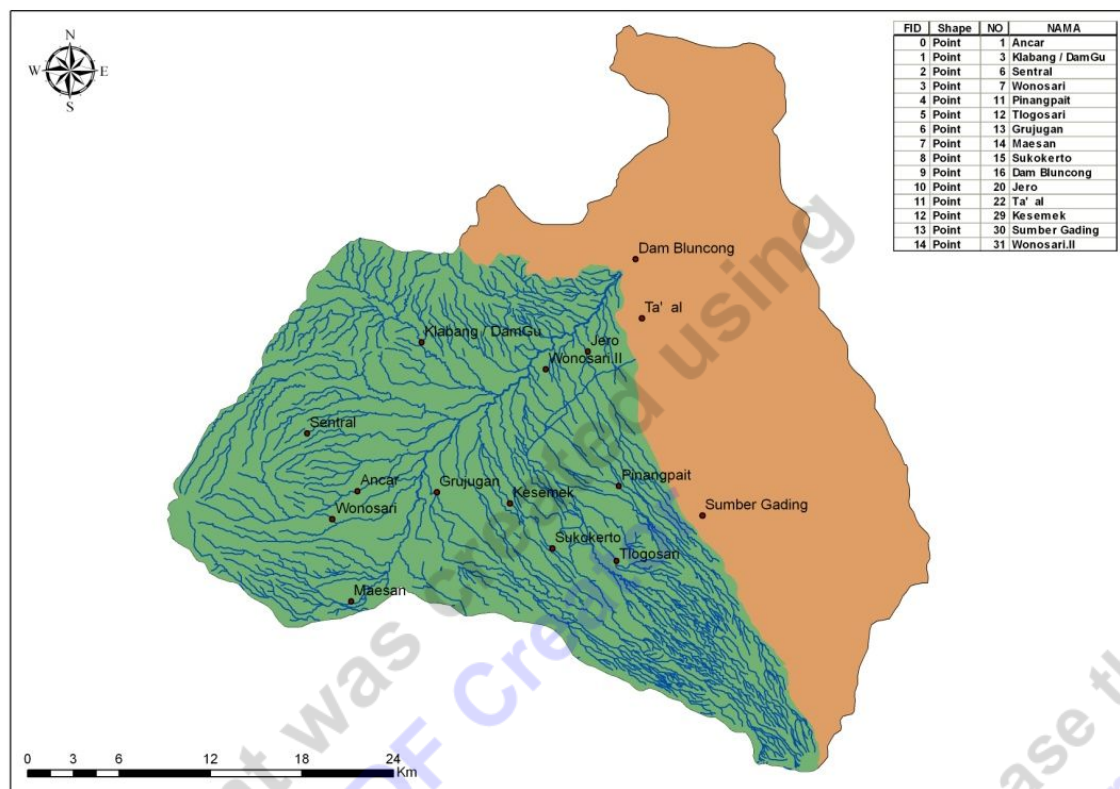
Analisa hidrologi merupakan salah satu aspek penting dalam menentukan besarnya erosi yang terjadi pada suatu wilayah. Sebab, limpasan hujan dapat menyebabkan pengikisan pada permukaan tanah dan bila intensitasnya terus berlanjut maka sejumlah tanah akan ikut terlarut dalam aliran air hujan yang mengalir melalui permukaan. Analisa hidrologi tersebut meliputi uji konsistensi curah hujan dan perbaikan data curah hujan.

### 4.2.1 Uji Konsistensi Curah Hujan

Uji konsistensi dilakukan untuk data curah hujan yang tercatat di stasiun hujan yang telah ditentukan yang memiliki pengaruh di wilayah DAS Sampean Baru. Data yang digunakan adalah data curah hujan dari tahun 2001 sampai dengan 2010. Ada 15 stasiun yang digunakan dalam analisa data curah hujan. Stasiun-stasiun tersebut terlampir pada tabel 4.1 sedangkan lokasinya dapat dilihat pada gambar 4.3.

**Tabel 4.1 Stasiun Hujan DAS Sampean Baru**

No	Nama Stasiun	Elevasi (m)	Posisi Koordinat		Desa
			BT	LS	
1	Ancar	350,00	113,78172	-7,95570	Jetis
2	Klabang	270,00	113,81935	-7,86690	Klabang
3	Sentral	260,00	113,75148	-7,92156	Badean
4	Wonosari	270,00	113,76681	-7,97258	Wonosari
5	Pinangpait	465,00	113,93742	-7,95168	Pecalongan
6	Tlogosari	530,00	113,93641	-7,99616	Sulek
7	Grujugan	246,00	113,82902	-7,95606	Grujukan Lor
8	Maesan	350,00	113,77845	-8,02135	Maesan
9	Sukokerto	545,00	113,89815	-7,98896	Maskuning Wt
10	Dam Bluncong	100,00	113,94641	-7,81655	Pandak
11	Jero	230,00	113,91848	-7,87173	Kali Tapen
12	Ta' al	210,00	113,95051	-7,85182	Taal
13	Kesemek	360,00	113,87261	-7,96248	Kesemek
14	Sumber Gading	560,00	113,98738	-7,96882	SumberGading
15	Wonosari.II	230,00	113,89342	-7,88258	Wonosari.II



**Gambar 4.3 Peta Lokasi Stasiun Hujan DAS Sampean Baru**

Dari peta lokasi stasiun hujan di atas dapat dilihat persebaran stasiun hujan yang ada di DAS Sampean Baru. Pada areal yang berwarna oranye adalah wilayah DAS Sampean Lama. Namun dalam perhitungan stasiun hujan kali ini, ada 3 stasiun dalam wilayah DAS Sampean Lama yang memiliki pengaruh signifikan terhadap wilayah DAS Sampean Baru. Nama stasiun hujan tersebut adalah Stasiun Dam Bluncong, Stasiun Taal, dan Stasiun Sumber Gading.

Sebelum menghitung uji konsistensi, diperlukan data total curah hujan tahunan tiap stasiun yang akan diuji konsistensi. Contoh tabel curah hujan tahunan dapat dilihat pada tabel 4.2 untuk stasiun hujan Ancar. Untuk data 14 stasiun hujan yang lain dapat dilihat pada lampiran 1.

**Tabel 4.2 Data Total Curah Hujan Tahunan Stasiun Ancar**

Bulan	Tahun									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Januari	79	286	244	298	184	696	24	24	280	722
Februari	478	785	405	243	425	240	216	542	292	325
Maret	192	173	237	277	160	188	0	5	211	118
April	92	202	0	33	64	206	290	60	41	204
Mei	154	13	0	14	0	0	0	0	0	0
Juni	76	0	0	0	17	0	0	9	60	84
Juli	3	0	0	0	0	0	0	0	0	68
Agustus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
September	13	0	0	0	0	0	0	0	0	102
Oktober	93	1	0	0	61	0	0	53	91	80
November	138	42	95	112	18	49	0	107	154	170
Desember	220	93	177	419	458	241	172	254	16	181
Hujan tahunan	1538	1595	1158	1396	1387	1620	702	1054	1145	2116
Hujan bulanan	128,167	132,917	96,5	116,333	115,583	135	58,5	87,8333	95,4167	176,333

Keterangan :

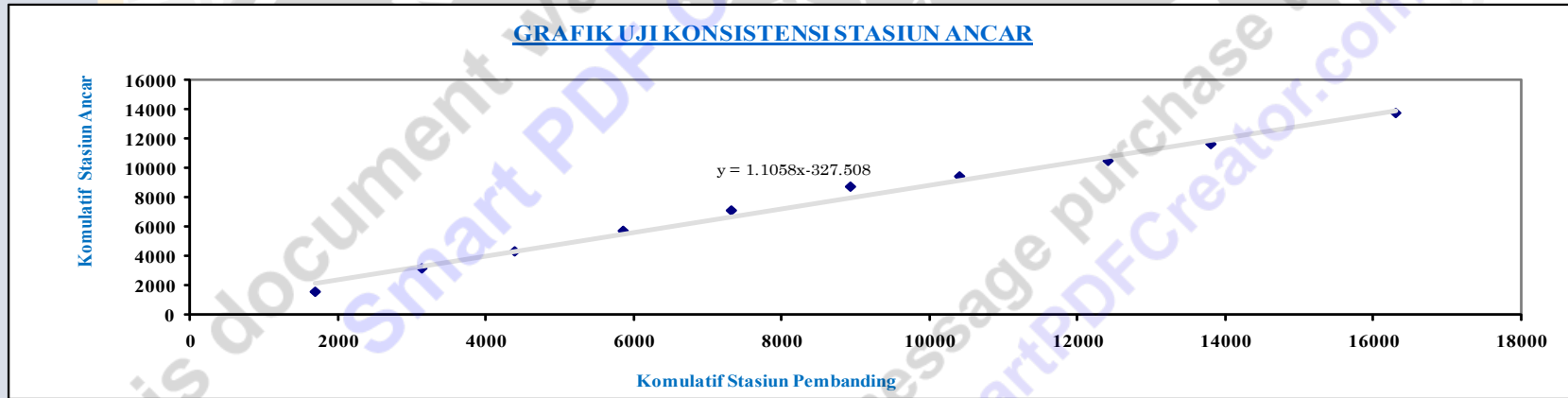
1. Hujan tahunan adalah total curah hujan bulanan dalam 1 tahun
2. Hujan bulanan adalah rata-rata hujan dalam 1 bulan

Berdasarkan tabel di atas, maka uji konsistensi stasiun hujan dapat dilakukan. Contoh perhitungan uji konsistensi stasiun hujan dapat dilihat pada tabel 4.3 pada stasiun Ancar, sedangkan grafik uji konsistensinya ditunjukkan dalam gambar 4.4. Untuk perhitungan uji konsistensi stasiun hujan yang lain dapat dilihat pada lampiran 2.



Tabel 4.3 Uji Konsistensi Stasiun Ancar

Tahun	Stasiun Pemandang															Kumulatif Ancar	Rata2 Stasiun Pemandang
	Ancar	Kelabang	Sentral	Wonosari	Dam Bluncong	Taal	Pinang Pait	Tlogosari	Grujugan	Maesan	Sukokerto	Jero	Kesemeg	Sumber Gading	Wonosari II		
2001	1538	1438	1611	1099	1287	673	2584	1698	1553	2548	2105	648	1238	2758	2387	1538	1687,64
2002	1595	1332	1542	640	1345	656	1906	1820	1455	1760	1883	1180	1292	1853	1531	3133	1442,50
2003	1158	1432	1387	1236	467	715	1203	635	1334	2314	1297	896	1238	1971	1449	4291	1255,29
2004	1396	1520	1646	1238	1567	1068	1781	635	1455	1861	1696	1180	1292	2070	1531	5687	1467,14
2005	1387	1556	1500	1175	1370	1085	1507	1232	1556	1851	1934	1058	1135	1802	1714	7074	1462,50
2006	1620	1489	1519	1169	1809	1488	2035	1645	1434	1889	1795	1344	1555	2043	1341	8694	1611,07
2007	702	1266	1517	1250	1154	1153	1750	1930	1309	1356	1974	1124	1456	1939	1481	9396	1475,64
2008	1054	1831	1667	2142	1602	2369	2190	1973	1812	1699	1545	2616	2048	2593	2031	10450	2008,43
2009	1145	1245	1602	1394	894	1311	1393	1503	1301	1465	1515	1599	1325	1619	1294	11595	1390,00
2010	2116	1987	2060	2786	1899	2709	2971	3264	1752	2459	2608	2941	2251	2923	2395	13711	2500,36



Gambar 4.4 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Ancar



This document was created using Smart PDF Creator. To remove this message purchase the product at [www.SmartPDFCreator.com](http://www.SmartPDFCreator.com)



Keterangan tabel :

Kolom [1] = Tahun.

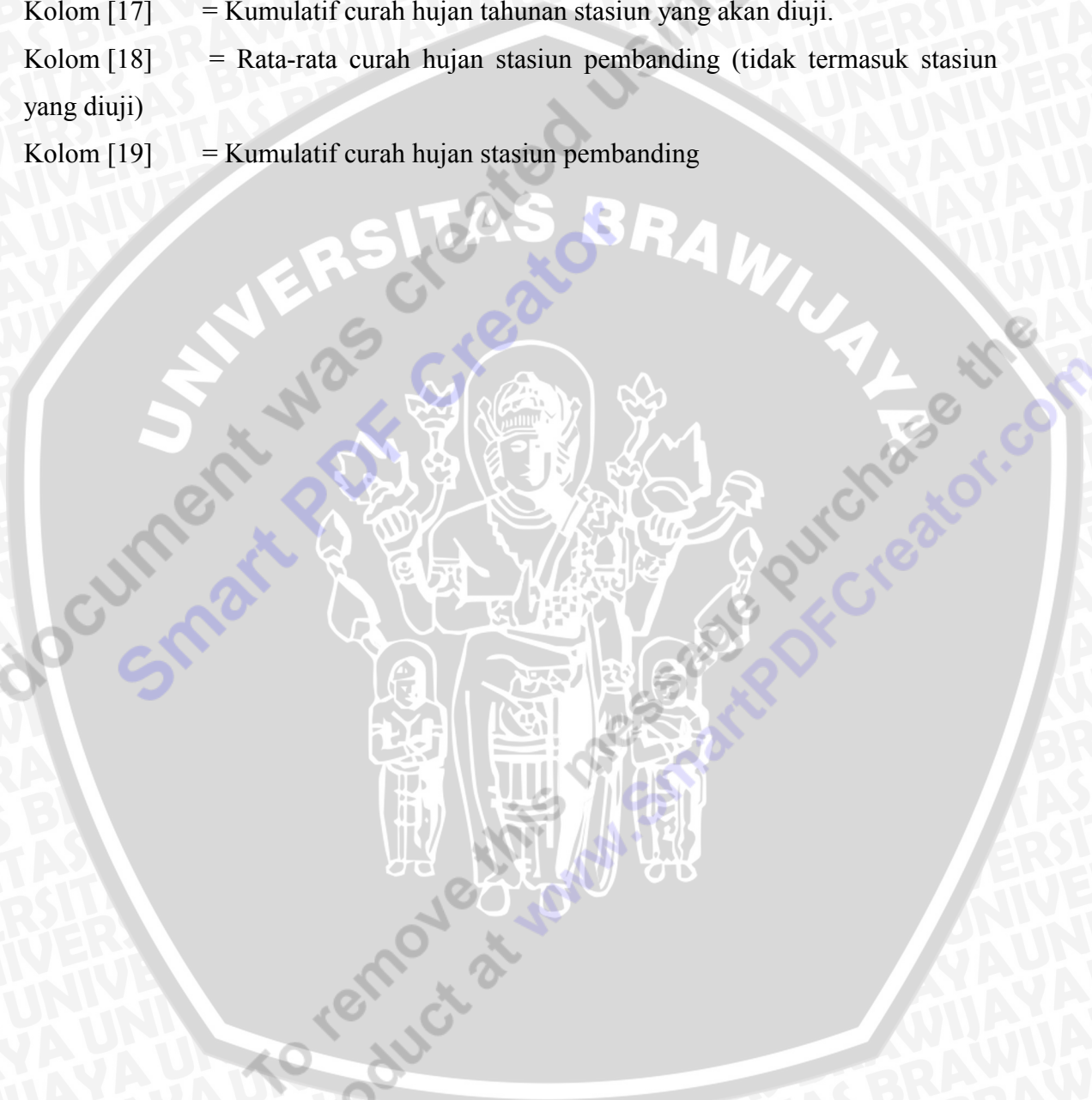
Kolom [2] = Curah hujan stasiun yang akan diuji.

Kolom [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] = Curah hujan tahunan stasiun pembanding.

Kolom [17] = Kumulatif curah hujan tahunan stasiun yang akan diuji.

Kolom [18] = Rata-rata curah hujan stasiun pembanding (tidak termasuk stasiun yang diuji)

Kolom [19] = Kumulatif curah hujan stasiun pembanding



#### 4.2.2 Perbaikan Data Curah Hujan

Dari hasil uji konsistensi terlihat beberapa titik yang melenceng dari *trendline*. Koreksi data curah hujan dilakukan dengan memasukkan angka akumulasi data curah hujan stasiun pembanding ke dalam persamaan linear *trendline* pada uji konsistensi sebelumnya sebagai variabel  $x$ , sehingga akan diperoleh nilai variabel  $y$ . Berikut adalah contoh perhitungan perbaikan data curah hujan pada stasiun Ancar.

$$y = 1,1058 x - 327,508$$

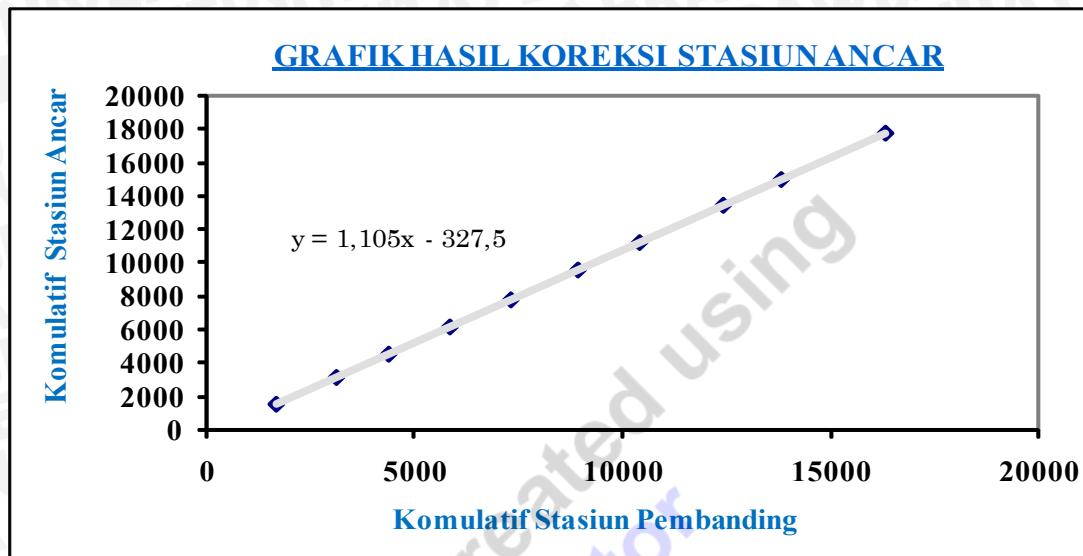
Misal  $x = 1.687,64$

$$\begin{aligned} \text{maka, } y &= 1,1058 \cdot (1.687,64) - 327,508 \\ &= 1.866,19 - 327,508 \\ &= 1.538,69 \end{aligned}$$

Ringkasan contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4, sementara grafik hasil koreksi dapat dilihat pada gambar 4.5. Untuk perhitungan koreksi stasiun hujan yang lain dapat dilihat pada lampiran 3.

**Tabel 4.4 Perbaikan Data Stasiun Ancar**

Tahun	Data Lama			Data Perbaikan		
	Komulatif Stasiun Pembanding	Komulatif Stasiun Ancar	Stasiun Ancar	Komulatif Stasiun Pembanding	Komulatif Stasiun Ancar	Stasiun Ancar
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
2001	1687,64	1538	1538	1687,64	1538,69	1538,69
2002	3130,14	3133	1595	3130,14	3133,80	1595,12
2003	4385,43	4291	1158	4385,43	4521,90	2926,78
2004	5852,57	5687	1396	5852,57	6144,27	3217,48
2005	7315,07	7074	1387	7315,07	7761,50	4544,01
2006	8926,14	8694	1620	8926,14	9543,02	4999,01
2007	10401,79	9396	702	10401,79	11174,79	6175,78
2008	12410,21	10450	1054	12410,21	13395,71	7219,93
2009	13800,21	11595	1145	13800,21	14932,77	7712,84
2010	16300,57	13711	2116	16300,57	17697,66	9984,82



Gambar 4.5 Grafik Koreksi Stasiun Ancar

Keterangan kolom tabel :

- [1] = Tahun.
- [2] [5] = Kumulatif curah hujan stasiun pembanding.
- [3] = Kumulatif curah hujan stasiun yang diuji.
- [4] = Data curah hujan tahunan stasiun uji.
- [6] = Kumulatif curah hujan stasiun uji yang telah diperbaiki.
- [7] = Data curah hujan tahunan stasiun uji setelah diperbaiki.

### 4.3 Menentukan Nilai Tiap Komponen Pada Rumus USLE

#### 4.3.1 Menghitung Indeks Erosivitas (R)

Indeks erosivitas hujan (R) didefinisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun. Nilai R ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = 6,119 \cdot P_b^{1,211} \cdot N^{-0,474} \cdot (P_{\max})^{0,526} \quad (4-2)$$

Dimana :

R = Indeks erosi hujan tahunan (KJ/tahun)

P<sub>b</sub> = Curah hujan rata-rata tahunan (cm)

N = Jumlah hari hujan rata-rata per tahun (hari)

P<sub>max</sub> = Hujan maksimum harian (24 jam) dalam bulan yang bersangkutan (cm)

Untuk menghitung indeks erosivitas, digunakan data curah hujan hasil perbaikan. Untuk data jumlah hari hujan, data hujan harian maksimum dapat dilihat pada lampiran 4.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai erosivitas untuk stasiun Ancar.

1. Menghitung curah hujan rata-rata dalam satu tahun.

$$\begin{aligned} P_b &= 1.538,69 \text{ mm} \\ &= 153,869 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Menghitung jumlah hari hujan.

$$N = 92 \text{ hari}$$

3. Menghitung hujan maksimum harian.

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 35,50 \text{ mm} \\ &= 3,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

4. Menghitung indeks erosivitas.

$$\begin{aligned} EI &= 6,119 \cdot 153,69^{1,211} \cdot 92^{-0,474} \cdot 3,55^{0,526} \\ &= 622,16 \text{ KJ/tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan lebih lengkap dari contoh dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Indeks Erosivitas Stasiun Ancar**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah hari hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2001	1538,69	153,87	92	35,50	3,55	622,16	2749,46
2002	1595,12	159,51	72	26,17	2,62	621,76	
2003	2926,78	292,68	63	48,00	4,80	1900,75	
2004	3217,48	321,75	85	25,92	2,59	1337,46	
2005	4544,01	454,40	84	25,42	2,54	2022,20	
2006	4999,01	499,90	74	26,75	2,68	2476,20	
2007	6175,78	617,58	46	17,58	1,76	3213,54	
2008	7219,93	721,99	68	25,08	2,51	3888,94	
2009	7712,84	771,28	65	31,83	3,18	4878,57	
2010	9984,82	998,48	104	46,75	4,68	6533,00	

Keterangan tabel :

- [1] = Tahun
- [2] = Total curah hujan tahunan dalam milimeter
- [3] = Total curah hujan tahunan dalam centimeter
- [4] = Jumlah hari hujan dalam satu tahun
- [5] = Hujan maksimum dalam satu tahun dalam milimeter
- [6] = Hujan maksimum dalam satu tahun dalam milimeter
- [7] = Indeks erosivitas
- [8] = Erosivitas rata-rata

Untuk perhitungan erosivitas pada stasiun hujan yang lainnya, dapat dilihat pada tabel 4.6 sampai 4.20.

**Tabel 4.6 Indeks Erosivitas Stasiun Ancar**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1538,69	153,87	92	35,50	3,55	622,16	2749,46
2002	1595,12	159,51	72	26,17	2,62	621,76	
2003	2926,78	292,68	63	48,00	4,80	1900,75	
2004	3217,48	321,75	85	25,92	2,59	1337,46	
2005	4544,01	454,40	84	25,42	2,54	2022,20	
2006	4999,01	499,90	74	26,75	2,68	2476,20	
2007	6175,78	617,58	46	17,58	1,76	3213,54	
2008	7219,93	721,99	68	25,08	2,51	3888,94	
2009	7712,84	771,28	65	31,83	3,18	4878,57	
2010	9984,82	998,48	104	46,75	4,68	6533,00	

**Tabel 4.7 Indeks Erosivitas Stasiun Kelabang**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1438,00	143,80	79	30,33	3,03	567,21	2524,30
2002	1331,96	133,20	67	28,00	2,80	535,90	
2003	2564,35	256,44	66	30,92	3,09	1256,98	
2004	2661,19	266,12	53	42,25	4,23	1719,20	
2005	3886,42	388,64	60	46,42	4,64	2694,34	
2006	4138,21	413,82	69	29,08	2,91	2127,66	
2007	5194,75	519,47	53	27,83	2,78	3102,87	
2008	5918,30	591,83	72	42,58	4,26	3930,21	
2009	6455,22	645,52	50	25,17	2,52	3935,55	
2010	8205,78	820,58	101	49,33	4,93	5373,08	

**Tabel 4.8 Indeks Erosivitas Stasiun Sentral**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1609,00	160,90	101	34,92	3,49	622,88	2420,84
2002	1542,03	154,20	76	34,08	3,41	668,46	
2003	2929,95	292,99	95	26,92	2,69	1155,57	
2004	3087,26	308,73	94	32,42	3,24	1364,44	
2005	4480,66	448,07	117	35,67	3,57	2030,60	
2006	4812,67	481,27	94	29,83	2,98	2236,05	
2007	5991,92	599,19	103	32,33	3,23	2912,76	
2008	6907,38	690,74	101	40,83	4,08	3948,52	
2009	7439,13	743,91	89	45,25	4,53	4841,04	
2010	9577,52	957,75	177	39,67	3,97	4428,03	

**Tabel 4.9 Indeks Erosivitas Stasiun Wonosari**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1099,00	109,90	121	21,50	2,15	279,22	904,69
2002	639,94	63,99	18	15,58	1,56	302,17	
2003	1628,38	162,84	74	25,25	2,53	617,58	
2004	1266,20	126,62	91	20,83	2,08	373,16	
2005	2254,31	225,43	90	26,25	2,63	851,79	
2006	1962,30	196,23	80	23,00	2,30	710,27	
2007	2862,81	286,28	81	35,08	3,51	1393,02	
2008	2780,15	278,01	106	48,83	4,88	1408,37	
2009	3444,08	344,41	97	28,25	2,83	1427,52	
2010	3819,03	381,90	159	47,58	4,76	1683,85	

**Tabel 4.10 Indeks Erosivitas Stasiun Dam Bluncong**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1287,00	128,70	72	33,25	3,33	543,83	2310,75
2002	1344,99	134,50	57	32,08	3,21	628,89	
2003	2488,58	248,86	31	11,83	1,18	1046,47	
2004	2684,98	268,50	85	22,17	2,22	989,51	
2005	3836,66	383,67	65	56,58	5,66	2834,27	
2006	4156,34	415,63	70	33,08	3,31	2273,41	
2007	5165,99	516,60	63	26,75	2,68	2780,96	
2008	4640,72	464,07	68	44,00	4,40	3060,29	
2009	6462,69	646,27	49	28,92	2,89	4280,58	
2010	6957,83	695,78	77	43,25	4,33	4669,26	

**Tabel 4.11 Indeks Erosivitas Stasiun Taal**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	666,00	66,60	71	17,17	1,72	174,12	812,84
2002	656,66	65,67	66	14,75	1,48	163,61	
2003	1225,82	122,58	50	14,75	1,48	397,41	
2004	1305,06	130,51	67	23,17	2,32	473,23	
2005	1871,39	187,14	81	22,08	2,21	652,57	
2006	2009,98	201,00	75	24,58	2,46	780,81	
2007	2499,28	249,93	88	23,25	2,33	915,14	
2008	2842,79	284,28	105	52,25	5,23	1506,03	
2009	3098,77	309,88	75	28,00	2,80	1412,33	
2010	3912,02	391,20	126	35,25	3,53	1653,13	

**Tabel 4.12 Indeks Erosivitas Stasiun Pinang Pait**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	2584,00	258,40	117	52,67	5,27	1279,90	3356,75
2002	1904,89	190,49	94	39,83	3,98	847,36	
2003	4263,28	426,33	54	25,33	2,53	2304,03	
2004	3835,74	383,57	98	30,67	3,07	1689,92	
2005	6213,29	621,33	103	33,50	3,35	3100,85	
2006	5956,75	595,67	108	32,50	3,25	2835,47	
2007	8092,02	809,20	103	42,33	4,23	4829,34	
2008	8541,62	854,16	117	42,67	4,27	4873,97	
2009	9932,53	993,25	101	29,08	2,91	5128,01	
2010	11813,19	1181,32	187	56,17	5,62	6678,67	

**Tabel 4.13 Indeks Erosivitas Stasiun Tlogosari**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1698,00	169,80	115	35,33	3,53	629,08	2932,83
2002	1820,12	182,01	84	35,67	3,57	798,08	
2003	3347,41	334,74	154	11,87	1,19	701,96	
2004	3761,56	376,16	152	11,87	1,19	813,49	
2005	5227,69	522,77	69	29,17	2,92	2827,94	
2006	5815,01	581,50	95	26,83	2,68	2646,02	
2007	6998,69	699,87	101	41,92	4,19	4067,45	
2008	8294,00	829,40	118	36,83	3,68	4335,85	
2009	8739,70	873,97	86	35,50	3,55	5263,81	
2010	11379,82	1137,98	155	60,33	6,03	7244,64	

**Tabel 4.14 Indeks Erosivitas Stasiun Grujungan**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1553,00	155,30	76	46,08	4,61	790,15	2518,88
2002	1455,41	145,54	100	27,92	2,79	492,69	
2003	2798,20	279,82	70	26,75	2,68	1259,06	
2004	2921,26	292,13	100	27,92	2,79	1145,54	
2005	4251,53	425,15	110	40,00	4,00	2084,07	
2006	4548,87	454,89	85	31,67	3,17	2260,34	
2007	5686,68	568,67	73	29,83	2,98	3085,26	
2008	6507,06	650,71	72	42,75	4,28	4417,60	
2009	7068,29	706,83	73	36,25	3,63	4448,17	
2010	9038,47	903,85	132	47,33	4,73	5205,92	



**Tabel 4.15 Indeks Erosivitas Stasiun Maesan**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	2548,00	254,80	135	51,67	5,17	1164,01	3139,20
2002	1760,06	176,01	105	37,58	3,76	708,63	
2003	3990,67	399,07	121	44,42	4,44	1949,47	
2004	3524,08	352,41	127	38,33	3,83	1516,74	
2005	5749,07	574,91	108	44,00	4,40	3185,42	
2006	5482,39	548,24	94	37,58	3,76	2956,36	
2007	7506,94	750,69	85	25,58	2,56	3706,01	
2008	7896,48	789,65	86	41,00	4,10	5021,63	
2009	9188,80	918,88	88	27,58	2,76	4844,87	
2010	10942,28	1094,23	193	62,42	6,24	6338,90	

**Tabel 4.16 Indeks Erosivitas Stasiun Sukokerto**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	2104,51	210,45	108	36,83	3,68	859,04	3460,35
2002	1882,63	188,26	83	30,33	3,03	767,84	
2003	3753,36	375,34	61	21,83	2,18	1723,59	
2004	3796,76	379,68	91	33,25	3,33	1803,96	
2005	5637,98	563,80	90	44,83	4,48	3425,49	
2006	5913,27	591,33	81	33,08	3,31	3251,29	
2007	7471,43	747,14	88	39,50	3,95	4555,10	
2008	8525,99	852,60	85	31,67	3,17	4837,10	
2009	9276,80	927,68	76	40,58	4,06	6437,02	
2010	11789,94	1178,99	149	49,50	4,95	6943,09	

**Tabel 4.17 Indeks Erosivitas Stasiun Jero**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	648,00	64,80	70	14,75	1,48	156,57	1575,69
2002	1180,07	118,01	78	24,00	2,40	397,10	
2003	1669,24	166,92	49	16,83	1,68	625,12	
2004	2368,50	236,85	77	24,00	2,40	928,89	
2005	2860,42	286,04	81	19,83	1,98	1030,92	
2006	3675,74	367,57	77	21,25	2,13	1483,57	
2007	4019,13	401,91	87	29,83	2,98	1864,86	
2008	5196,26	519,63	104	53,67	5,37	3185,17	
2009	5107,36	510,74	79	29,08	2,91	2574,59	
2010	7153,31	715,33	125	36,50	3,65	3510,10	

**Tabel 4.18 Indeks Erosivitas Stasiun Kesemeg**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	1238,00	123,80	82	31,33	3,13	472,84	1816,68
2002	1291,37	129,14	91	23,42	2,34	406,40	
2003	2340,12	234,01	82	31,33	3,13	1022,30	
2004	2591,95	259,19	91	23,42	2,34	944,86	
2005	3645,92	364,59	87	26,00	2,60	1541,61	
2006	4017,01	401,70	105	26,08	2,61	1588,44	
2007	4899,94	489,99	105	27,92	2,79	2094,03	
2008	5725,82	572,58	97	40,83	4,08	3206,90	
2009	6114,58	611,46	85	22,00	2,20	2670,18	
2010	7922,63	792,26	136	44,17	4,42	4219,23	

**Tabel 4.19 Indeks Erosivitas Stasiun Sumber Gading**

Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	2578,00	257,80	103	57,00	5,70	1413,35	3516,08
2002	2033,57	203,36	75	47,92	4,79	1124,97	
2003	4287,62	428,76	94	33,50	3,35	2066,36	
2004	4059,91	405,99	116	46,25	4,63	2074,38	
2005	6333,74	633,37	89	35,33	3,53	3498,05	
2006	6317,37	631,74	110	34,08	3,41	3094,76	
2007	8314,79	831,48	130	37,25	3,73	4178,53	
2008	9028,43	902,84	134	41,33	4,13	4806,77	
2009	10251,36	1025,14	101	33,75	3,38	5761,83	
2010	12516,62	1251,66	182	54,50	5,45	7141,81	

**Tabel 4.20 Indeks Erosivitas Stasiun Wonosari II**

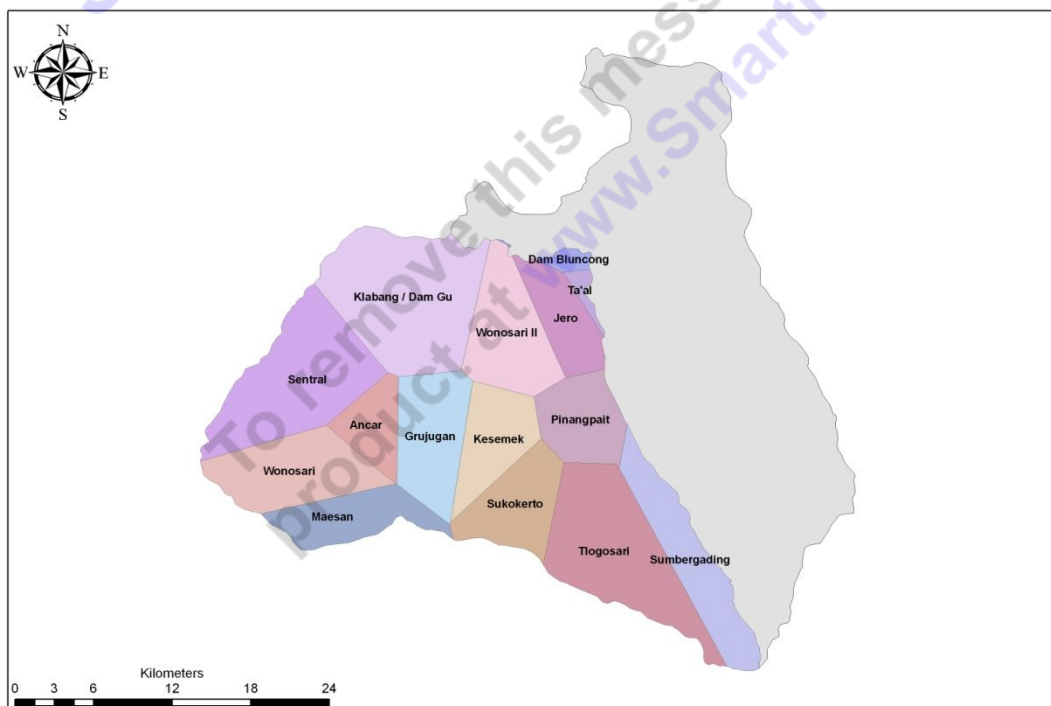
Tahun	Curah Hujan		Jumlah Hari Hujan	Hujan Maks		Erosivitas (KJ/tahun)	Erosivitas rata-rata
	mm	cm		mm	cm		
2001	2387,00	238,70	101	45,67	4,57	1156,54	3225,55
2002	1531,00	153,10	76	39,17	3,92	712,94	
2003	3693,10	369,31	54	21,42	2,14	1772,61	
2004	3073,04	307,30	76	39,17	3,92	1657,65	
2005	5215,71	521,57	69	46,50	4,65	3604,24	
2006	4798,63	479,86	73	25,58	2,56	2316,78	
2007	6718,07	671,81	67	32,67	3,27	4124,14	
2008	6849,72	684,97	78	60,25	6,03	5421,07	
2009	8177,43	817,74	66	29,17	2,92	4965,08	
2010	9474,01	947,40	105	53,08	5,31	6524,50	

Rangkuman nilai erosivitas (R) seluruh stasiun hujan dapat dilihat pada tabel 4.21.

**Tabel 4.21 Erosivitas Tiap Stasiun**

No	Stasiun	Erosivitas Rata-Rata Tahunan
1	Ancar	2.749,46
2	Kelabang	2.524,30
3	Sentral	2.420,84
4	Wonosari	904,69
5	Dam Bluncong	2.310,75
6	Taal	812,84
7	Pinang Pait	3.356,75
8	Tlogosari	2.932,83
9	Grujugan	2.518,88
10	Maesan	3.139,20
11	Sukokerto	3.460,35
12	Jero	1.575,69
13	Kesemeg	1.816,68
14	Sumber Gading	3.516,08
15	Wonosari II	3.225,55

Selain dari nilai erosivitas, dihitung juga luasan Polygon Thiessen pada wilayah DAS Sampean Baru berdasarkan lokasi stasiun hujan yang telah ditentukan sebelumnya.. Polygon Thiessen pada DAS Sampean Baru dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



**Gambar 4.6 Polygon Thiessen DAS Sampean Baru**

Dari poligon Thiessen, maka dapat dihitung koefisiennya dengan membagi luas poligon stasiun hujan dengan luas total DAS. Hasilnya akan dikalikan dengan erosivitas tahunan untuk memperoleh erosivitas rata-rata per satuan luas. Contoh perhitungan erosivitas rata-rata pada Stasiun Ancar :

Erosivitas rata-rata tahunan : 2.749,46 KJ/tahun

Luas Polygon Thiessen : 2.753 Ha

Luas DAS : 75.004,77 Ha

Koefisien Thiessen :  $\frac{2.753}{75.004,77} = 0,03$

Erosivitas rata-rata = Koefisien Thiessen x Erosivitas rata-rata tahunan  
 = 0,03 x 2.749,46  
 = 94,32 KJ/Ha/tahun

Perhitungan selengkapnya untuk erosivitas stasiun hujan yang lain dapat dilihat pada tabel 4.22.

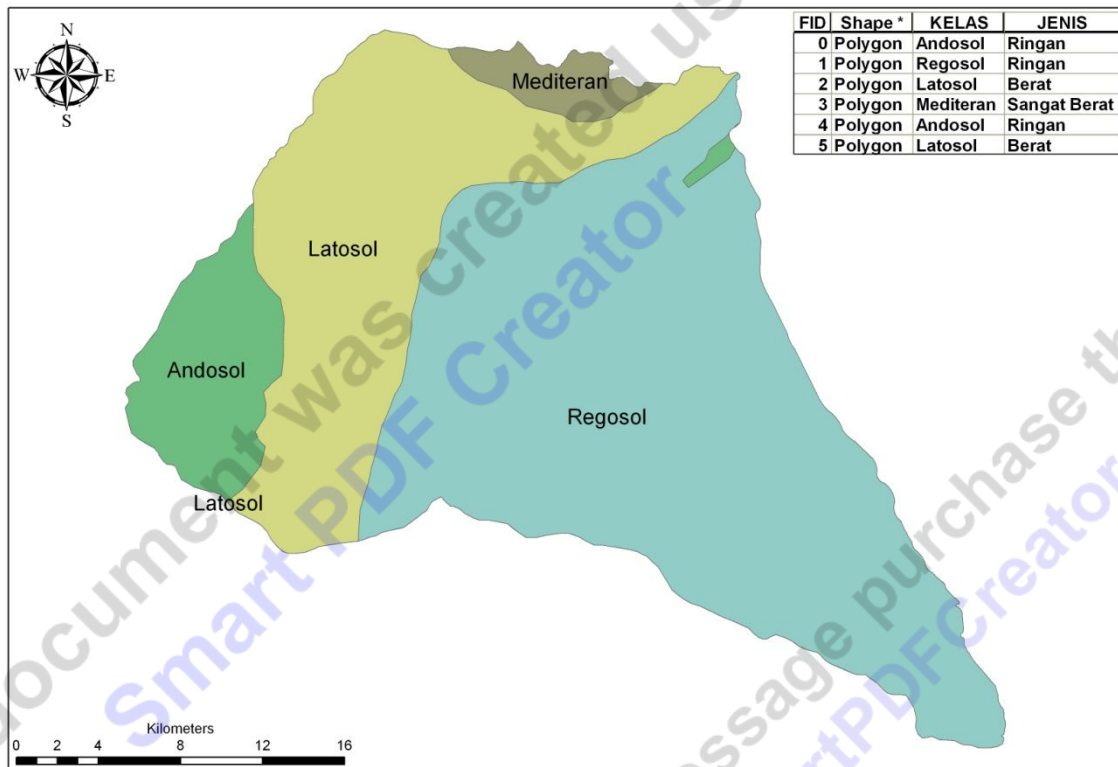
**Tabel 4.22 Erosivitas Rata-Rata DAS Sampean Baru**

No	Stasiun	Erosivitas Rata-Rata Tahunan	Luas Polygon (Ha)	Koefisien Thiessen	Erosivitas Rata-rata (R)
1	Ancar	2.749,46	2.573,00	0,03	94,32
2	Kelabang	2.524,30	11.022,61	0,15	370,97
3	Sentral	2.420,84	9.231,10	0,12	297,94
4	Wonosari	904,69	5.944,90	0,08	71,71
5	Dam Bluncong	2.310,75	507,56	0,01	15,64
6	Taal	812,84	438,05	0,01	4,75
7	Pinang Pait	3.356,75	3.945,09	0,05	176,56
8	Tlogosari	2.932,83	9.352,44	0,12	365,70
9	Grujugan	2.518,88	5.215,64	0,07	175,16
10	Maesan	3.139,20	3.893,21	0,05	162,94
11	Sukokerto	3.460,35	4.395,08	0,06	202,77
12	Jero	1.575,69	3.320,10	0,04	69,75
13	Kesemeg	1.816,68	4.021,29	0,05	97,40
14	Sumber Gading	3.516,08	5.517,50	0,07	258,65
15	Wonosari II	3.225,55	5.627,21	0,08	242,00
Jumlah			75.004,77	rata-rata DAS	173,75

### 4.3.2 Menghitung Indeks Erodibilitas (K)

Beberapa jenis tanah akan memiliki indeks erodibilitas tanah yang berbeda. Apabila suatu jenis tanah mempunyai nilai K (faktor erodibilitas) yang tinggi maka semakin tinggi pula kemungkinan untuk tererosi.

Pada DAS Sampean Baru, terdapat beberapa jenis tanah yang terlampir pada gambar 4.7, sedangkan luas area jenis tanah dapat dilihat pada tabel 4.23.

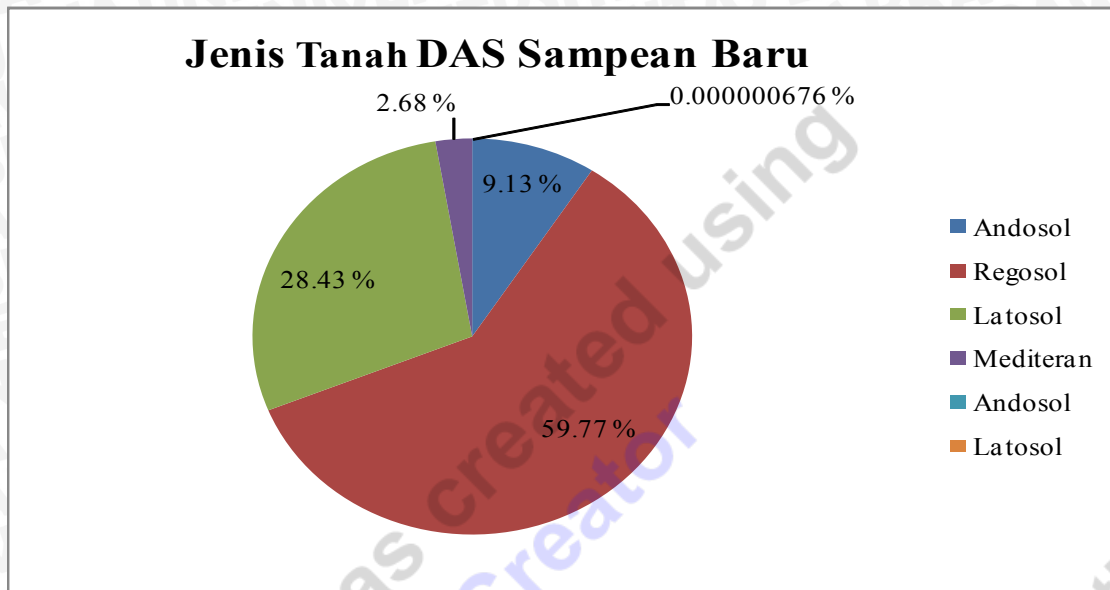


Gambar 4.7 Peta Jenis Tanah Wilayah DAS Sampean Baru

Tabel 4.23 Jenis Tanah DAS Sampean Baru

Kelas	Jenis	Luas (Ha)
Andosol	Ringan	6.844,05
Regosol	Ringan	44.826,16
Latosol	Berat	21.323,08
Mediteran	Sangat Berat	2.010,34
Andosol	Ringan	5,07
Latosol	Berat	5,07
<b>Jumlah</b>		<b>75.013,77</b>

Dari tabel 4.23 dapat dibuat diagram persentase luasan jenis tanah pada DAS Sampean Baru yang ditunjukkan oleh gambar 4.8 di bawah ini.



**Gambar 4.8 Persentase Jenis Tanah Wilayah DAS Sampean Baru**

Berdasarkan data di atas, maka dapat dihitung nilai K pada DAS Sampean Baru dengan mengambil nilai faktor jenis tanah pada tabel 4.24. Kemudian dihitung dengan memperhatikan luas area dari jenis tanah tersebut.

**Tabel 4.24 Nilai K Pada Berbagai Jenis Tanah**

No	Jenis Tanah	Bahan Induk	Nilai K (ton/KJ)
1	Latosol Dermaga (Haplortknox)	Tuff Vulkan	0,03
2	Latosol Citayan (Haplortknox)	Tuff Vulkan	0,09
3	Regosol Tanjungharjo (Troporthens)	Batu liat berkapur	0,14
4	Grumosol Jegu (caromunderts)	Napal	0,27
5	Podsolik Jenggol (Tropudults)	Batu liat	0,16
6	Mediteran Citaman (Troponumults)	Tuff Vulkan	0,1
7	Mediteran Putat (Trpudalis)	Breksi berkapur	0,23
8	Mediteran Punung (Tropuqualis)	Breksi berkapur	0,22
9	Latosol merah (Humox)	Breksi berkapur	0,12
10	Regosol (oxidystropept)		0,12
11	Latosol merah kuning		0,26
12	Latosol coklat (Typic Naplortnox)		0,23
13	Lithosol pada lereng tajam (Lytic Tropothert)		0,27
14	Regosol di atas Kolovium (oxy Dystropept)		0,16
15	Regosol puncak bukit (typic entropept)		0,29
16	Gley humic (typic tropuguep)		0,13 (clay) 0,26 (siltyclay)

17	Litosol (Litnic eutripept/orthen)	0,16 (clay) 0,26 (siltyclay)
18	Grumosol (caromunderts)	0,16
19	Regosol (typic dytropept)	0,31
20	latosol coklat (epyguic Tropodults)	0,31
21	Gley Numic di atas teras (tropaguept)	0,2
22	Hidromorf abu-abu (tropolluent)	0,2
23	Andosol Batu	0,08-0,10

Jenis tanah : Andosol, Regosol, Latosol, Mediteranian.

$$K = \frac{0,08 \times 6849,12 + 0,12 \times 44.826,16 + 0,23 \times 21.328,15 + 0,22 \times 2010,34}{75.013,77}$$

Nilai faktor K = 0,1503 ton/KJ

#### 4.3.3 Menghitung Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu lereng, makin cepat laju limpasan permukaan. Lebih lanjut dengan semakin singkatnya waktu untuk infiltrasi, volume limpasan permukaan juga semakin besar. Jadi dengan meningkatnya persentase kemiringan, erosi akan semakin besar.

Dalam pendugaan erosi faktor lereng dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$LS = [(L/136,0) \cdot (100 + (0,965 S) + (0,138 S^2))]^{0,5}$$

Dengan: LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

L = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng (%)

Perhitungan nilai faktor panjang dan kemiringan lereng juga dapat menggunakan cara Eyles. Jika panjang dan kemiringan lereng telah diketahui, maka nilai faktor panjang lereng dan nilai faktor kemiringan lereng dapat diestimasi dengan menggunakan Tabel 4.25 dan Tabel 4.26.

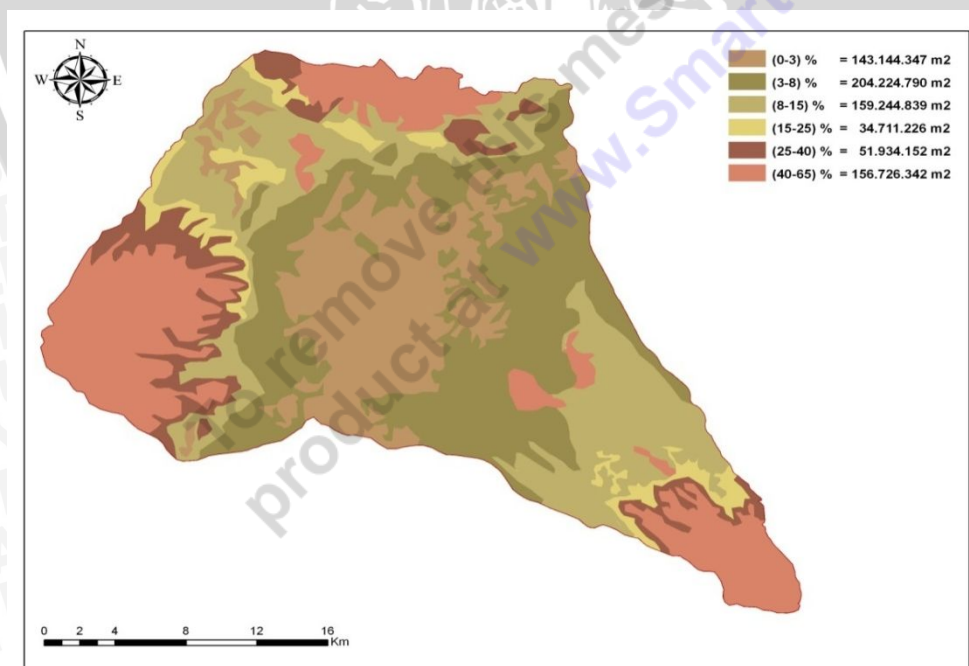
**Tabel 4.25 Nilai Faktor Panjang Lereng Dan Kelas Drainase**

Klas Drainase	Rata-rata Panjang Lereng (m)	Nilai L
A	50	1,5
B	75	1,8
C	150	2,7
D	300	3,7

**Tabel 4.26 Nilai Faktor Kemiringan Lereng (S)**

Klas Lereng	Kemiringan (%)	Rata-Rata Nilai
I	0-3	0,1
II	3-8	0,5
III	8-15	1,4
IV	15-25	3,1
V	25-40	4,1
VI	40-65	11,9

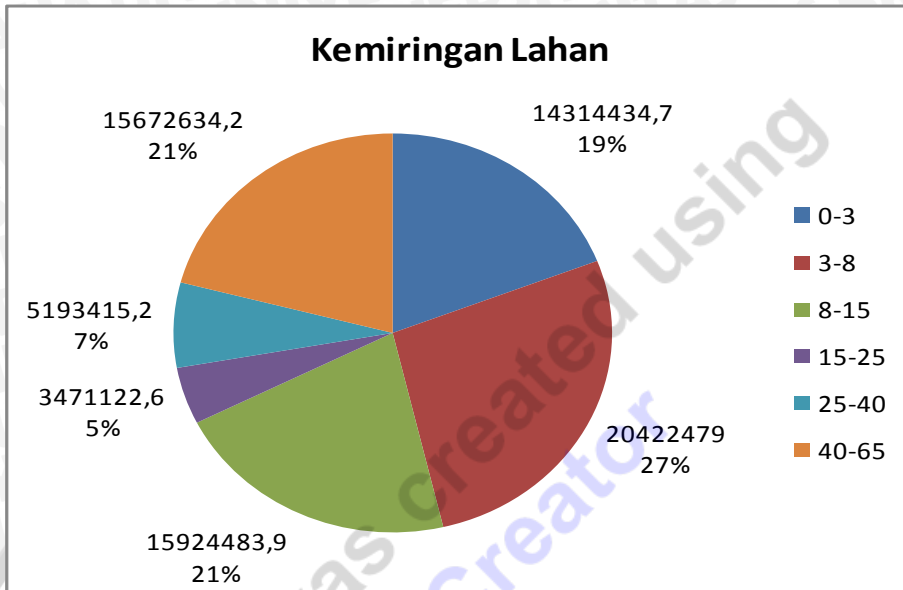
Wilayah DAS Sampean Baru dikelilingi beberapa gunung yang menyebabkan beberapa wilayahnya memiliki kelerengan yang curam terutama di bagian pinggir barat dan tenggara. Hal itu dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut.



**Gambar 4.9 Peta Kelerengan DAS Sampean Baru**



Sedangkan persentase luasan kemiringan lahan pada DAS Sampean Baru ditunjukkan pada gambar 4.10 di bawah ini.



**Gambar 4.10** Persentase Kelerengan Wilayah DAS Sampean Baru

Contoh perhitungan nilai LS untuk kelas kelerengan 0-3%:

- Kelas drainase DAS Sampean Baru adalah kelas A, maka nilai L = 1,5.
- Untuk kelas kelerengan 0-3%, nilai S adalah 0,1
- Koefisien luas =  $\frac{14.314.435}{74.998.570} = 0,19$
- Nilai LS rata-rata = LS . koef. luas = 0,15 . 0,19 = 0,03

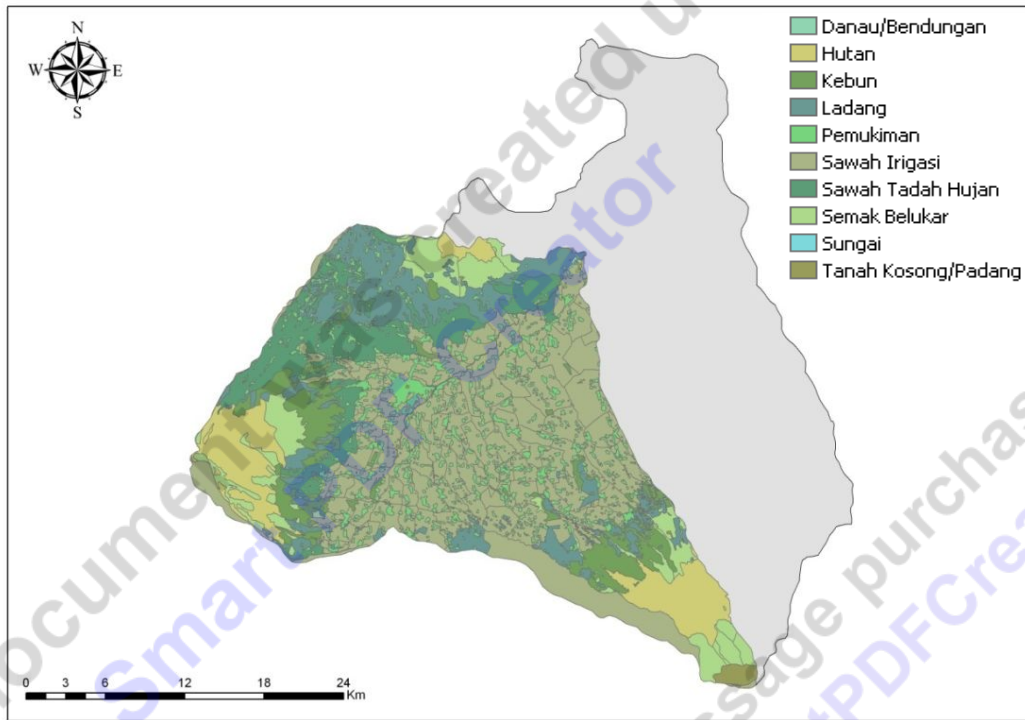
Perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.27

**Tabel 4.27** Luas Dan Kemiringan Lahan DAS Sampean Baru

Kelas Kelerengan (%)	LS	Luas Wilayah ( Ha)	Koef. Luas	LS rata-rata
0-3	0,15	14.314.435	0,19	0,03
3-8	0,75	20.422.479	0,27	0,37
8-15	2,1	15.924.484	0,21	0,54
15-25	4,65	3.471.123	0,05	0,22
25-40	6,15	5.193.415	0,07	0,43
40-65	17,85	15.672.634	0,21	3,73
<b>Jumlah</b>		74.998.570		5,30

#### 4.3.4 Menghitung Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah

Faktor penggunaan lahan (C) ialah perbandingan antara besarnya erosi dari lahan yang ditanami suatu jenis tanaman terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami. Faktor pengelolaan tanah (P), yaitu perbandingan antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi. Penggunaan lahan di DAS Sampean Baru dapat dilihat pada gambar 4.11 di bawah ini.



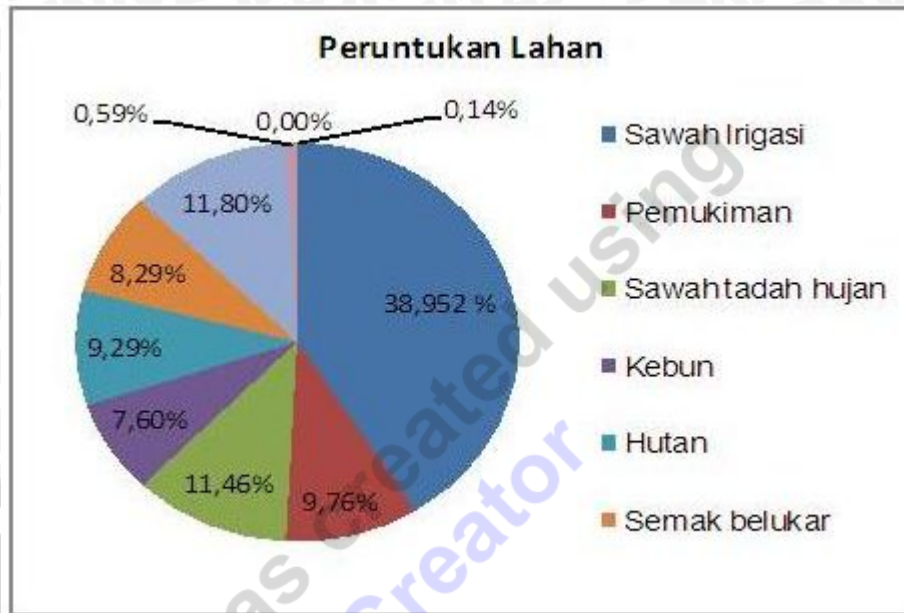
**Gambar 4.11 Peta Penggunaan Lahan Wilayah DAS Sampean Baru**

Berdasarkan gambar 4.11, jenis penggunaan lahan pada DAS Sampean Baru dapat dirangkum dalam tabel 4.28.

**Tabel 4.28 Tabel Penggunaan Lahan DAS Sampean Baru**

Jenis penggunaan lahan	Luas (Ha)	Persentase
Sawah Irigasi	30.869,71	41,06%
Pemukiman	7.334,89	9,76%
Sawah tadah hujan	8.614,42	11,46%
Kebun	5.712,91	7,60%
Hutan	6.986,16	9,29%
Semak belukar	6.230,12	8,29%
Ladang	8.873,66	11,80%
Tanah kosong / padang rumput	445,71	0,59%
Danau / bendungan	0,00	0,00%
Sungai	106,57	0,14%
<b>Jumlah</b>	<b>75.174,16</b>	<b>100%</b>

Dari tabel di atas, maka dapat disimpulkan persentase penggunaan lahan yang terjadi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Persentase Penggunaan Lahan DAS Sampean Baru

Setelah diketahui jenis penggunaan lahan, dapat dicari nilai CP nya. Besaran nilai CP yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.8 dan 2.9.

Contoh perhitungan nilai CP :

- Jenis penggunaan lahan = sawah irigasi, maka nilai C = 0,02
- Faktor pengelolaan tanah, untuk DAS Sampean Baru diambil nilai P = 0,70
- Koefisien luas =  $\frac{30.869,71}{75174,16} = 0,4106$
- Nilai CP rata-rata adalah = Koef. luas x C x P = 0,4106 x 0,02 x 0,70 = 0,0058

Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.29 berikut.

**Tabel 4.29** Perhitungan Nilai CP

Jenis penggunaan lahan	Luas (Ha)	CP	Koef. Luas	CP rata-rata
Sawah Irigasi	30.869,71	0,014	0,4106	0,0058
Pemukiman	7.334,89	0,028	0,0976	0,0028
Sawah tadah hujan	8.614,42	0,199	0,1146	0,0228
Kebun	5.712,91	0,142	0,0760	0,0108
Hutan	6.986,16	0,355	0,0929	0,0330
Semak belukar	6.230,12	0,007	0,0829	0,0177
Ladang	8.873,66	0,284	0,1180	0,0335
Tanah kosong / padang rumput	445,71	0,426	0,0059	0,0027
Danau / bendungan	0,000855	-	0,000000011	-
Sungai	106,57	-	0,00142	-
<b>Jumlah</b>	<b>75.174,16</b>			<b>0,1291</b>

#### 4.3.5 Pendugaan Laju Erosi Pada Wilayah DAS Sampean Baru

Setelah dilakukan penghitungan pada masing-masing faktor, maka nilai erosi pada wilayah DAS Sampean Baru dapat dihitung. Besarnya nilai masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini.

Faktor erosivitas hujan (R)	: 173,75 KJ/ha/thn
Faktor erodibilitas tanah (K)	: 0,1503 ton/KJ
Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)	: 5,30
Faktor penggunaan dan pengolahan lahan (CP)	: 0,1291

Besarnya erosi yang terdapat di wilayah DAS Sampean Baru berdasarkan rumus USLE adalah :

$$\begin{aligned}A &= R \times K \times LS \times CP \\ &= 173,75 \times 0,1503 \times 5,30 \times 0,1291 \\ &= 18,0033 \text{ ton/ha/tahun}\end{aligned}$$

Didapatkan nilai erosi (A) sebesar 18,0033 ton/ha/tahun.

Sedangkan erosi total wilayah DAS Sampean Baru adalah :

$$\begin{aligned}E &= 18,0033 \text{ ton/ha/thn} \times \text{luas DAS} \\ &= 18,0033 \times 75.174,16 \\ &= 1.353.382,955 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Diperoleh nilai erosi DAS Sampean Baru sebesar 1.353.382,955 ton/tahun.

#### 4.4 Menghitung Nilai Sediment Delivery Ratio (SDR)

Dari proses sedimentasi, hanya sebagian aliran sedimen di sungai yang diangkut keluar dari DAS, sedangkan yang lain mengendap di lokasi tertentu dari sungai. Persamaan umum untuk menghitung sedimentasi suatu DAS belum tersedia, untuk lebih memudahkan dikembangkan pendekatan berdasarkan luas area. Rasio sedimen terangkut dari keseluruhan material erosi tanah disebut Nisbah Pelepasan Sedimen (*Sediment Delivery Ratio / SDR*) yang merupakan fungsi dari luas area.

Variabilitas angka SDR dari suatu DAS ditentukan oleh : sumber sedimen, jumlah sedimen, sistem transpor, tekstur partikel-partikel tanah yang tererosi, lokasi deposisi sedimen dan karakteristik DAS.

Besarnya SDR dalam perhitungan-perhitungan erosi atau hasil sedimen untuk suatu daerah aliran sungai dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$SDR = \frac{\text{Hasil sedimen yang diperoleh}}{\text{Erosi total pada suatu DAS}}$$

Untuk dapat mengetahui besarnya sedimen yang diperoleh, maka diperlukan pengambilan sampel air untuk dilakukan pengujian *suspended load*. Selain itu, perlu dihitung juga curah hujan rancangan serta debit banjir rencana yang akan digunakan sebagai perhitungan besaran sedimen.

#### 4.4.1 Menghitung Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rencana adalah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan tertentu atau hujan dengan kemungkinan periode ulang tertentu.

Dalam analisis curah hujan rencana dapat dilakukan dengan beberapa cara, misalnya Gumbel, Log Person tipe III dan sebagainya. Dalam studi ini dipakai Log Person tipe III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data.

Parameter statistik Log Pearson Tipe III meliputi:

1. Curah Hujan Rerata Daerah

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

2. Standar Deviasi

$$S_d = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}}{n-1}$$

3. Koefisien Kepencengan.

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

Setelah tiga parameter diatas diketahui, maka dapat dihitung nilai Logaritma Curah Hujan Rancangan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Log } Q = \text{Log } \bar{X} + G.S_d$$

Dengan : Q = Curah Hujan Rancangan

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rerata Daerah



$G$  = Dari lampiran 5 tabel 5.2

$Sd$  = Standar Deviasi

Kemudian nilai Curah Hujan Rancangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \text{Anti Log}Q$$

Untuk menghitung curah hujan rerata daerah, maka diperlukan data hujan dari stasiun hujan untuk kurun waktu tertentu. Pada DAS Sampean Baru digunakan 15 stasiun hujan seperti yang terlampir pada tabel 4.1, sedangkan data curah hujan diambil berdasarkan curah hujan maksimum rata-rata selama kurun waktu 10 tahun. Data tersebut terlampir pada tabel 4.30 berikut ini.



Tabel 4.30 Curah Hujan Maksimum Rata-Rata

Tahun		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
[1]		[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
Stasiun [12]	Ancar	35,50	26,17	48,00	25,92	25,42	26,75	17,58	25,08	31,83	46,75
	Klabang	30,33	28,00	30,92	42,25	46,42	29,08	27,83	42,58	25,17	49,33
	Sentral	34,92	34,08	26,92	32,42	35,67	29,83	32,33	40,83	45,25	39,67
	Wonosari	21,50	15,58	25,25	20,83	26,25	23,00	35,08	48,83	28,25	47,58
	Dam Bluncong	33,25	32,08	11,83	22,17	56,58	33,08	26,75	44,00	28,92	43,25
	Taal	17,17	14,75	14,75	23,17	22,08	24,58	23,25	52,25	28,00	35,25
	Pinang Pait	52,67	39,83	25,33	30,67	33,50	32,50	42,33	42,67	29,08	56,17
	Tlogosari	35,33	35,67	11,87	11,87	29,17	26,83	41,92	36,83	35,50	60,33
	Grujugan	46,08	27,92	26,75	27,92	40,00	31,67	29,83	42,75	36,25	47,33
	Maesan	51,67	37,58	44,42	38,33	44,00	37,58	25,58	41,00	27,58	62,42
	Sukokerto	36,83	30,33	21,83	33,25	44,83	33,08	39,50	31,67	40,58	49,50
	Jero	14,75	24,00	16,83	24,00	19,83	21,25	29,83	53,67	29,08	36,50
	Kesemeg	31,33	23,42	31,33	23,42	26,00	26,08	27,92	40,83	22,00	44,17
	Sumber Gading	57	47,92	33,50	46,25	35,33	34,08	37,25	41,33	33,75	54,50
Wonosari II	45,67	39,17	21,42	39,17	46,50	25,58	32,67	60,25	29,17	53,08	
Rata-Rata Tahunan [13]		36,27	30,43	26,06	29,44	35,44	29,00	31,31	42,97	31,36	48,39

Keterangan tabel :

[1] = Tahun

[2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] = curah hujan maksimum tiap tahun pada tiap stasiun

[12] = Stasiun hujan

[13] = Curah hujan rata-rata tahunan

Dari tabel 4.30 di atas, diperoleh curah hujan rata-rata tahunan tiap tahun di wilayah DAS Sampean Baru. Data tersebut akan menjadi nilai  $X_i$  untuk dimasukkan dalam perhitungan curah hujan rancangan metode Log Pearson III seperti terlampir pada tabel 4.31.

**Tabel 4.31 Perhitungan Curah Hujan Metode Log Pearson III**

Tahun	( $X_i$ )	Log $X_i$	Log $X_i - \text{Log } X$	$[\text{Log } X_i - \text{Log } X]^2$	$[\text{Log } X_i - \text{Log } X]^3$
2001	36,27	1,55951	0,03453	0,00119	0,00004
2002	30,43	1,48335	-0,04162	0,00173	-0,00007
2003	26,06	1,41603	-0,10894	0,01187	-0,00129
2004	29,44	1,46895	-0,05602	0,00314	-0,00018
2005	35,44	1,54948	0,02451	0,00060	0,00001
2006	29,00	1,46240	-0,06258	0,00392	-0,00025
2007	31,31	1,49570	-0,02928	0,00086	-0,00003
2008	42,97	1,63319	0,10821	0,01171	0,00127
2009	31,36	1,49639	-0,02858	0,00082	-0,00002
2010	48,39	1,68475	0,15977	0,02553	0,00408
<b>Jumlah</b>	<b>340,7</b>	<b>15,24974</b>	<b>0,00000</b>	<b>0,06136</b>	<b>0,00357</b>

$$S_{\text{total}} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log X)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,061360}{9}} = 0,0826$$

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{15,249743}{10} = 1,5249743$$

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{10 \cdot (0,003567)}{9 \cdot 8 \cdot (0,0826)^3} = 0,8801$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X + G \cdot S_{\text{total}}$$

Untuk mencari nilai  $G$ , diperlukan tabel koefisien skewness berdasarkan nilai  $C_s$ . Oleh karena nilai  $C_s$  tidak persis sama dengan tabel, maka diperlukan metode interpolasi data untuk dicari nilai yang tepat. Tabel koefisien skewness dapat dilihat pada lampiran 5



Contoh perhitungan nilai G dengan metode interpolasi :

- Untuk kala ulang 2 tahun

$$C_s = 0,9 \quad G = -0,148$$

$$C_s = 0,8 \quad G = -0,132$$

$$\text{Nilai } G = -0,148 + \frac{(0,8801-0,9)(-0,132-(-0,148))}{(0,8-0,9)} = -0,1448$$

- Untuk kala ulang 5 tahun

$$C_s = 0,9 \quad G = 0,769$$

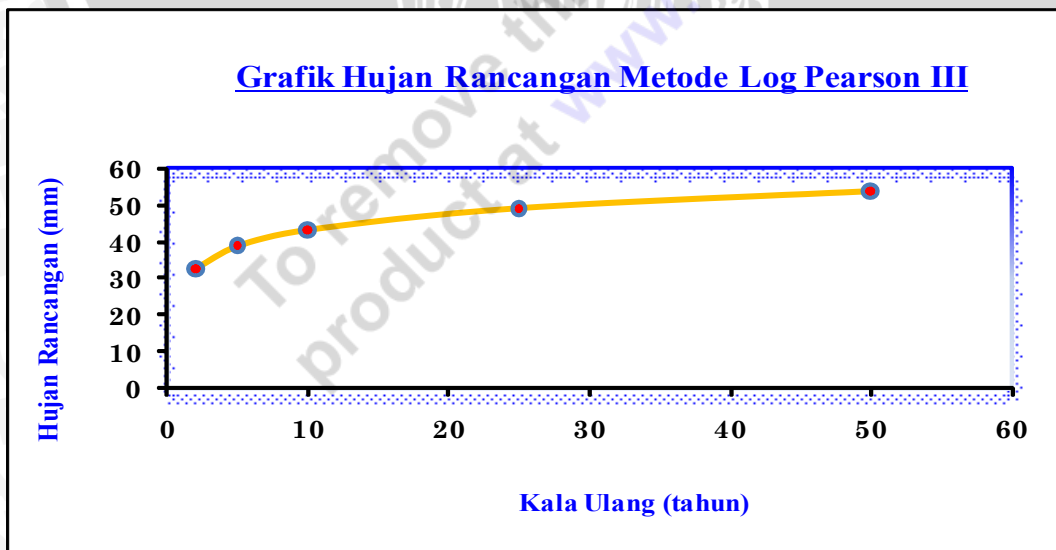
$$C_s = 0,8 \quad G = 0,78$$

$$\text{Nilai } G = 0,769 + \frac{(0,8801-0,9)(0,78-0,769)}{(0,8-0,9)} = 0,7712$$

Ringkasan perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.32, sedangkan hubungan antara curah hujan rencana dengan kala ulang dari perhitungan tabel 4.32 dapat dilihat pada gambar 4.13.

**Tabel 4.32 Curah Hujan Rencana**

No	Kala Ulang (tahun)	G	Log Xt	Xt
1	2	-0,1448	1,5130	32,5850
2	5	0,7712	1,5887	38,7839
3	10	1,3384	1,6355	43,2002
4	25	2,0136	1,6912	49,1177
5	50	2,4874	1,7304	53,7478



**Gambar 4.13 Grafik Hujan Rancangan**

#### 4.4.2 Distribusi Hujan jam-jaman

Untuk menghitung debit banjir dengan metode hidrograf satuan Nakayasu, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan sebaran hujan jam-jaman yang terjadi dengan suatu interval tertentu.. Karena data hujan jam-jaman tidak tersedia, maka pola distribusi hujan jam-jaman dapat dilakukan dengan menggunakan metode sebaran hujan jam-jaman Mononobe. Sebaran hujan jam-jaman Mononobe dinyatakan dalam rumus berikut :

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

Sedangkan untuk rasio sebaran hujan, rumus yang berlaku adalah :

$$r_t = t.R_t - (t-1).R_{(t-1)}$$

Contoh perhitungan :

Asumsi lama hujan terpusat = 4 jam/hari

##### 1. Untuk hujan jam ke-1

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

$$R_t = R_{24} \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{1}\right)^{2/3}$$

$$= 0,63 R_{24}$$

$$r_t = t.R_t - (t-1).R_{(t-1)}$$

$$= 1,0,63R_{24} - (1-1).(0)$$

$$= 0,63 R_{24}$$

##### 2. Untuk hujan jam ke-2

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

$$R_t = R_{24} \frac{2}{4} \times \left(\frac{4}{2}\right)^{2/3}$$

$$= 0,40 R_{24}$$

$$r_t = t.R_t - (t-1).R_{(t-1)}$$

$$= 1,0,40R_{24} - (2-1). R_{(2-1)}$$

$$= 0,164 R_{24}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.33 berikut.

**Tabel 4.33 Perhitungan Hujan Jam-jaman**

Durasi jam ke	Rt	rt	Rasio ( R ) = rt x 100%
1	0,63	0,63	63
2	0,4	0,164	16,4
3	0,3	0,115	11,5
4	0,25	0,091	9,1
<b>Jumlah</b>			100%

#### 4.4.3 Curah Hujan Bruto jam-jaman

Dengan berdasarkan pada nilai rasio sebaran hujan yang terjadi, maka dapat dihitung besarnya curah hujan jam-jaman yang terjadi. Berikut adalah contoh perhitungan curah hujan bruto jam-jaman untuk kala ulang 2 tahun.

Misal  $T_r = 2$  tahun, maka  $R_b \text{ jam ke-1} = 38,78 \times 0,63 = 24,43$

$R_b \text{ jam ke-2} = 32,58 \times 0,164 = 3,37$ , dan seterusnya.

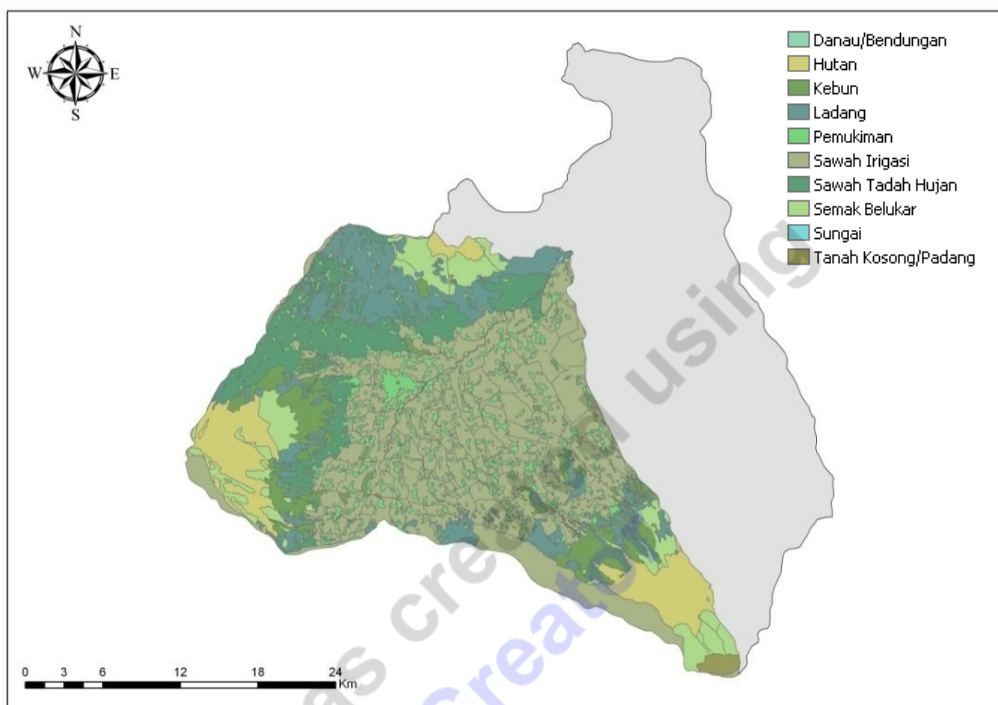
Hasil perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.34 Curah Hujan Bruto Jam-jaman**

Kala Ulang (tahun)		2	5	10	25	50
T (jam)	Rasio hujan	Rb (mm)				
			32,58	38,78	43,20	49,12
1	0,63	20,53	24,43	27,22	30,94	33,86
2	0,164	3,37	4,01	4,46	5,07	5,55
3	0,115	0,39	0,46	0,51	0,58	0,64
4	0,091	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06

#### 4.4.4 Perhitungan Koefisien Pengaliran / Run Off ( C )

Saat terjadi hujan di suatu wilayah, tidak seluruhnya limpasan hujan akan menjadi debit yang akan masuk ke dalam saluran atau sungai. Jenis kegiatan atau penggunaan lahan yang ada di suatu wilayah sangat mempengaruhi sebab masing-masing memiliki karakteristik dan nilai koefisien yang berbeda. Untuk DAS Sampean Baru, peta penggunaan lahannya dapat dilihat pada gambar 4.14.



**Gambar 4.14 Jenis Penggunaan Lahan**

Besarnya nilai koefisien *run-off* untuk jenis penggunaan lahan dapat dilihat pada lampiran 5. Berikut adalah contoh perhitungan nilai koefisien *run-off*:

- Jenis penggunaan lahan = pemukiman  
 Nilai C = 0,5 ( Lampiran 5, tabel 5.1)
- Koefisien luas =  $\frac{7.334,13}{75.174,16} = 0,0976$
- Run off rata-rata = C x Koef. luas  
 = 0,5 x 0,0976  
 = 0,0488

Untuk perhitungan koefisien pengaliran yang lain, dapat dirangkum dalam tabel 4.35.

**Tabel 4.35 Menghitung Koefisien Run off ( C )**

Jenis penggunaan lahan	Luas (Ha)	Koefisien Run-Off	Koef. Luas	Run-Off rata-rata
Sawah	39.484,13	0,5	0,5252	0,2626
Pemukiman	7.334,89	0,5	0,0976	0,0488
Kebun	5.712,91	0,3	0,0760	0,0228
Hutan	6.986,16	0,3	0,0929	0,0279
Semak belukar	6.230,12	0,3	0,0829	0,0249
Sungai	106,57	0,75	0,0014	0,0011
Ladang	8.873,66	0,5	0,1180	0,0590
Tanah kosong / padang rumput	445,71	0,25	0,0059	0,0015
<b>Jumlah</b>	<b>75.174,16</b>			<b>0,4485</b>

Dari perhitungan, diperoleh koefisien pengaliran / run off sebesar  $C = 0,4485 = 0,45$

#### 4.4.5 Menghitung Hujan Jam-jaman

Setelah diperoleh nilai koefisien run off, selanjutnya dapat diketahui nilai hujan netto yang terjadi. Berikut adalah contoh perhitungan hujan netto jam-jaman.

Untuk kala ulang 2 tahun :

$$R_n = R_b \cdot C$$

$$\begin{aligned} \text{Jam ke-1,} \quad R_1 &= R_{b1} \cdot C \\ &= 20,53 \cdot 0,45 \\ &= 9,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jam ke-2,} \quad R_2 &= R_{b2} \cdot C \\ &= 3,37 \cdot 0,45 \\ &= 1,51 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jam ke-3,} \quad R_3 &= R_{b3} \cdot C \\ &= 0,39 \cdot 0,45 \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jam ke-4,} \quad R_4 &= R_{b4} \cdot C \\ &= 0,04 \cdot 0,45 \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Ringkasan hasil perhitungan hujan netto jam-jaman dapat dilihat pada tabel 4.36

Tabel 4.36 Hujan Netto Jam-jaman

Periode Kala Ulang	jam ke	Rb (mm)	c	Rn (mm)
2 Tahun	1	20,53	0,45	9,19
	2	3,37	0,45	1,51
	3	0,39	0,45	0,17
	4	0,04	0,45	0,02
	jam ke	Rb (mm)	c	Rn (mm)
5 Tahun	1	24,43	0,45	10,93
	2	4,01	0,45	1,79
	3	0,46	0,45	0,21
	4	0,04	0,45	0,02
	jam ke	Rb (mm)	c	Rn (mm)
10 tahun	1	27,22	0,45	12,18
	2	4,46	0,45	2,00
	3	0,51	0,45	0,23
	4	0,05	0,45	0,02
	jam ke	Rb (mm)	c	Rn (mm)
25 Tahun	1	30,94	0,45	13,85
	2	5,07	0,45	2,27
	3	0,58	0,45	0,26
	4	0,05	0,45	0,02
	jam ke	Rb (mm)	c	Rn (mm)
50 Tahun	1	33,86	0,45	15,15
	2	5,55	0,45	2,48
	3	0,64	0,45	0,29
	4	0,06	0,45	0,03

Besaran nilai hujan netto ( $R_c$ ) nantinya akan digunakan sebagai salah satu input data untuk merencanakan debit banjir menggunakan metode Nakayasu.

#### 4.4.6 Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

Berikut adalah data DAS Sampean Baru :

- Luas DAS (A) = 751,7416 km<sup>2</sup>
- Panjang Sungai (L) = 34,27 km
- Koefisien pengaliran (C) = 0,45

Berdasarkan data di atas, maka dapat dihitung besarnya hidrograf banjir berdasarkan metode Nakayasu. Langkah pengerjaannya adalah seperti di bawah ini :

- Tp (Tenggat waktu dari permukaan hujan sampai puncak)

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$\text{Dimana : } L < 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,21.L^{0,7}$$

$$L > 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,4 + 0,058.L$$

tg = waktu konsentrasi

L = panjang alur sungai

Panjang sungai DAS Sampean Baru adalah 34,27 km, maka dipakai rumus :

$$t_g = 0,4 + 0,058.L$$

$$t_g = 2,388 \text{ jam}$$

Nilai tr berkisar antara 0,5-1,0, diambil tr = 1 jam

$$T_p = 2,388 + (0,8.1)$$

$$T_p = 3,188 \text{ jam}$$

- T<sub>0,3</sub> (Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak (dalam jam))

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$

Untuk daerah pengaliran diambil nilai  $\alpha = 2$

$$T_{0,3} = 2 \times 2,388$$

$$T_{0,3} = 4,775 \text{ jam}$$

- Qp (Debit puncak banjir), berlaku rumus berikut :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = 16,395 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dalam perhitungan selanjutnya, selang waktu untuk menentukan koordinat hidrograf satuan diperoleh berdasarkan rumus berikut :

- **Bagian Lengkung Naik**

Pada saat  $0 < t < T_p \rightarrow 0 < t < 3,188$

$$Qa = Qp \cdot \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$Qa = 16,395 \cdot \left( \frac{t}{3,188} \right)^{2,4}$$

- **Bagian Lengkung Turun**

Pada saat  $T_p < t < (T_{p0,3} + T) \rightarrow 3,188 < t < 7,963$

$$Qd_1 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

$$Qd_1 = 16,395 \cdot 0,3^{\frac{(t-3,188)}{4,775}}$$

Pada saat  $(T_{p0,3} + T) < t < (T_{p0,3} + 2,5T) \rightarrow 7,963 < t < 15,126$

$$Qd_2 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$

$$Qd_2 = 16,395 \cdot 0,3^{\frac{(t-3,188+0,5 \cdot 4,775)}{1,5 \cdot 4,775}}$$

Pada saat  $t > (T_{p0,3} + 2,5T) \rightarrow t > 15,126$

$$Qd_3 = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}}$$

$$Qd_3 = 16,395 \cdot 0,3^{\frac{(t-3,188+1,5 \cdot 4,775)}{2 \cdot 4,775}}$$

Dari perhitungan hidrograf di atas maka dapat kita rangkum dalam tabel perhitungan berikut dengan beberapa kala ulang.



Dengan memasukkan nilai  $t=1,2,3,\dots,n$  jam diperoleh satuan hidrograf sebagai berikut :

**Tabel 4.37 Ordinat Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu**

t (jam)	Qa	Qd1	Qd2	Qd3
0	0,000			
1	1,015			
2	5,356			
3	14,173			
3,188	16,399	16,393		
4		13,358		
5		10,381		
6		8,068		
7		6,270		
7,963		4,918	4,918	
8			4,888	
9			4,132	
10			3,492	
11			2,952	
12			2,495	
13			2,109	
14			1,783	
15			1,507	
15,1255			1,476	1,476
16				1,322
17				1,165
18				1,027
19				0,905
20				0,798
21				0,704
22				0,620
23				0,547
24				0,482
25				0,425
26				0,375
27				0,330
28				0,291
29				0,257
30				0,226
31				0,199
32				0,176

33				0,155
34				0,137
35				0,120
36				0,106
37				0,094
38				0,083
39				0,073
40				0,064
41				0,057
42				0,050

Dari ordinat hidrograf di atas, akan dimasukkan ke dalam ordinat hidrograf satuan sintetik Nakayasu dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun.



Berikut ini adalah hidrograf satuan sintetis untuk banjir, dengan kala ulang 2 tahun.

**Tabel 4.38 Ordinatif Hidrograf Kala Ulang 2 Tahun**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m <sup>3</sup> /dt)
		9,19	1,51	0,17	0,02	
0	0,000	0				0,000
1	1,015	9,321	0			9,321
2	5,356	49,197	1,529	0		50,726
3	14,173	130,185	8,068	0,176	0	138,429
3,188	16,399	150,631	21,350	0,928	0,016	172,925
4	13,358	122,703	24,704	2,455	0,084	149,946
5	10,381	95,359	20,123	2,841	0,223	118,546
6	8,068	74,108	15,639	2,314	0,259	92,319
7	6,270	57,593	12,154	1,798	0,211	71,755
7,963	4,918	45,178	9,445	1,398	0,164	56,184
8	4,888	44,898	7,409	1,086	0,127	53,520
9	4,132	37,951	7,363	0,852	0,099	46,265
10	3,492	32,080	6,224	0,847	0,078	39,228
11	2,952	27,116	5,261	0,716	0,077	33,170
12	2,495	22,921	4,447	0,605	0,065	28,038
13	2,109	19,375	3,759	0,511	0,055	23,700
14	1,783	16,377	3,177	0,432	0,047	20,033
15	1,507	13,843	2,686	0,365	0,039	16,934
15,1255	1,476	13,554	2,270	0,309	0,033	16,167
16	1,322	12,139	2,223	0,261	0,028	14,651
17	1,165	10,702	1,991	0,256	0,024	12,972
18	1,027	9,434	1,755	0,229	0,023	11,441
19	0,905	8,317	1,547	0,202	0,021	10,087
20	0,798	7,332	1,364	0,178	0,018	8,892
21	0,704	6,463	1,202	0,157	0,016	7,839
22	0,620	5,698	1,060	0,138	0,014	6,910
23	0,547	5,023	0,934	0,122	0,013	6,092
24	0,482	4,428	0,824	0,107	0,011	5,370
25	0,425	3,904	0,726	0,095	0,010	4,734
26	0,375	3,441	0,640	0,084	0,009	4,174
27	0,330	3,034	0,564	0,074	0,008	3,679
28	0,291	2,674	0,498	0,065	0,007	3,243

29	0,257	2,358	0,439	0,057	0,006	2,859
30	0,226	2,078	0,387	0,050	0,005	2,521
31	0,199	1,832	0,341	0,044	0,005	2,222
32	0,176	1,615	0,300	0,039	0,004	1,959
33	0,155	1,424	0,265	0,035	0,004	1,727
34	0,137	1,255	0,234	0,030	0,003	1,522
35	0,120	1,107	0,206	0,027	0,003	1,342
36	0,106	0,976	0,181	0,024	0,002	1,183
37	0,094	0,860	0,160	0,021	0,002	1,043
38	0,083	0,758	0,141	0,018	0,002	0,919
39	0,073	0,668	0,124	0,016	0,002	0,811
40	0,064	0,589	0,110	0,014	0,001	0,715
41	0,057	0,519	0,097	0,013	0,001	0,630
42	0,050	0,458	0,085	0,011	0,001	0,555
43	0,044	0,404	0,075	0,010	0,001	0,490
44	0,039	0,356	0,066	0,009	0,001	0,432
45	0,034	0,314	0,058	0,008	0,001	0,380
46	0,030	0,277	0,051	0,007	0,001	0,335
47	0,027	0,244	0,045	0,006	0,001	0,296
48	0,023	0,215	0,040	0,005	0,001	0,261
49	0,021	0,189	0,035	0,005	0,000	0,230
50	0,018	0,167	0,031	0,004	0,000	0,203

Berikut ini adalah hidrograf satuan sintetis untuk banjir, dengan kala ulang 5 tahun.

**Tabel 4.39 Ordinatif Hidrograf Kala Ulang 5 Tahun**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m <sup>3</sup> /dt)
		10,93	1,79	0,21	0,02	
0	0,000	0				0,000
1	1,015	11,094	0			11,094
2	5,356	58,557	1,819	0		60,376
3	14,173	154,952	9,603	0,209	0	164,764
3,188	16,399	179,287	25,412	1,104	0,019	205,822
4	13,358	146,046	29,403	2,922	0,100	178,472
5	10,381	113,499	23,952	3,381	0,266	141,098
6	8,068	88,206	18,614	2,754	0,308	109,882
7	6,270	68,549	14,466	2,141	0,251	85,406
7,963	4,918	53,772	11,242	1,664	0,195	66,872
8	4,888	53,439	8,819	1,293	0,151	63,702
9	4,132	45,171	8,764	1,014	0,118	55,067
10	3,492	38,182	7,408	1,008	0,092	46,690
11	2,952	32,275	6,262	0,852	0,092	39,480
12	2,495	27,281	5,293	0,720	0,078	33,372
13	2,109	23,061	4,474	0,609	0,066	28,209
14	1,783	19,493	3,782	0,515	0,055	23,845
15	1,507	16,477	3,197	0,435	0,047	20,155
15,1255	1,476	16,133	2,702	0,368	0,040	19,242
16	1,322	14,449	2,646	0,311	0,033	17,439
17	1,165	12,737	2,370	0,304	0,028	15,440
18	1,027	11,229	2,089	0,273	0,028	13,618
19	0,905	9,899	1,842	0,240	0,025	12,005
20	0,798	8,726	1,623	0,212	0,022	10,583
21	0,704	7,693	1,431	0,187	0,019	9,330
22	0,620	6,782	1,262	0,165	0,017	8,225
23	0,547	5,978	1,112	0,145	0,015	7,251
24	0,482	5,270	0,980	0,128	0,013	6,392
25	0,425	4,646	0,864	0,113	0,012	5,635
26	0,375	4,096	0,762	0,099	0,010	4,968
27	0,330	3,611	0,672	0,088	0,009	4,379
28	0,291	3,183	0,592	0,077	0,008	3,861

29	0,257	2,806	0,522	0,068	0,007	3,403
30	0,226	2,474	0,460	0,060	0,006	3,000
31	0,199	2,181	0,406	0,053	0,005	2,645
32	0,176	1,922	0,358	0,047	0,005	2,332
33	0,155	1,695	0,315	0,041	0,004	2,055
34	0,137	1,494	0,278	0,036	0,004	1,812
35	0,120	1,317	0,245	0,032	0,003	1,597
36	0,106	1,161	0,216	0,028	0,003	1,408
37	0,094	1,024	0,190	0,025	0,003	1,241
38	0,083	0,902	0,168	0,022	0,002	1,094
39	0,073	0,795	0,148	0,019	0,002	0,965
40	0,064	0,701	0,130	0,017	0,002	0,850
41	0,057	0,618	0,115	0,015	0,002	0,750
42	0,050	0,545	0,101	0,013	0,001	0,661
43	0,044	0,480	0,089	0,012	0,001	0,583
44	0,039	0,424	0,079	0,010	0,001	0,514
45	0,034	0,373	0,069	0,009	0,001	0,453
46	0,030	0,329	0,061	0,008	0,001	0,399



Berikut ini adalah hidrograf satuan sintetis untuk banjir, dengan kala ulang 10 tahun.

**Tabel 4.40 Ordinart Hidrograf Kala Ulang 10 Tahun**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m <sup>3</sup> /dt)
		12,18	2,00	0,23	0,02	
0	0,000	0				0,000
1	1,015	12,358	0			12,358
2	5,356	65,225	2,027	0		67,251
3	14,173	172,596	10,697	0,233	0	183,526
3,188	16,399	199,702	28,306	1,230	0,021	229,259
4	13,358	162,676	32,751	3,255	0,112	198,795
5	10,381	126,424	26,679	3,766	0,296	157,165
6	8,068	98,250	20,733	3,068	0,343	122,394
7	6,270	76,355	16,113	2,384	0,279	95,131
7,963	4,918	59,895	12,522	1,853	0,217	74,487
8	4,888	59,524	9,823	1,440	0,169	70,955
9	4,132	50,315	9,762	1,130	0,131	61,337
10	3,492	42,530	8,252	1,123	0,103	52,007
11	2,952	35,950	6,975	0,949	0,102	43,976
12	2,495	30,388	5,896	0,802	0,086	37,172
13	2,109	25,686	4,984	0,678	0,073	31,421
14	1,783	21,712	4,213	0,573	0,062	26,560
15	1,507	18,353	3,561	0,484	0,052	22,451
15,1255	1,476	17,970	3,010	0,409	0,044	21,433
16	1,322	16,094	2,947	0,346	0,037	19,424
17	1,165	14,188	2,639	0,339	0,031	17,198
18	1,027	12,507	2,327	0,304	0,031	15,169
19	0,905	11,026	2,051	0,268	0,028	13,372
20	0,798	9,720	1,808	0,236	0,024	11,789
21	0,704	8,569	1,594	0,208	0,021	10,392
22	0,620	7,554	1,405	0,183	0,019	9,161
23	0,547	6,659	1,239	0,162	0,017	8,076
24	0,482	5,871	1,092	0,142	0,015	7,120
25	0,425	5,175	0,963	0,126	0,013	6,277
26	0,375	4,562	0,849	0,111	0,011	5,533
27	0,330	4,022	0,748	0,098	0,010	4,878
28	0,291	3,546	0,660	0,086	0,009	4,300

29	0,257	3,126	0,581	0,076	0,008	3,791
30	0,226	2,755	0,513	0,067	0,007	3,342
31	0,199	2,429	0,452	0,059	0,006	2,946
32	0,176	2,141	0,398	0,052	0,005	2,597
33	0,155	1,888	0,351	0,046	0,005	2,289
34	0,137	1,664	0,310	0,040	0,004	2,018
35	0,120	1,467	0,273	0,036	0,004	1,779
36	0,106	1,293	0,241	0,031	0,003	1,569
37	0,094	1,140	0,212	0,028	0,003	1,383
38	0,083	1,005	0,187	0,024	0,003	1,219
39	0,073	0,886	0,165	0,022	0,002	1,075
40	0,064	0,781	0,145	0,019	0,002	0,947
41	0,057	0,689	0,128	0,017	0,002	0,835
42	0,050	0,607	0,113	0,015	0,002	0,736
43	0,044	0,535	0,100	0,013	0,001	0,649
44	0,039	0,472	0,088	0,011	0,001	0,572
45	0,034	0,416	0,077	0,010	0,001	0,504
46	0,030	0,367	0,068	0,009	0,001	0,445
47	0,027	0,323	0,060	0,008	0,001	0,392
48	0,023	0,285	0,053	0,007	0,001	0,346
49	0,021	0,251	0,047	0,006	0,001	0,305
50	0,018	0,221	0,041	0,005	0,001	0,269



Berikut ini adalah hidrograf satuan sintetis untuk banjir, dengan kala ulang 25 tahun.

**Tabel 4.41 Ordinart Hidrograf Kala Ulang 25 Tahun**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m <sup>3</sup> /dt)
		13,85	2,27	0,26	0,02	
0	0,000	0				0,000
1	1,015	14,050	0			14,050
2	5,356	74,159	2,304	0		76,463
3	14,173	196,238	12,162	0,265	0	208,665
3,188	16,399	227,057	32,183	1,399	0,024	260,663
4	13,358	184,959	37,237	3,701	0,127	226,025
5	10,381	143,741	30,333	4,282	0,337	178,693
6	8,068	111,708	23,574	3,488	0,390	139,160
7	6,270	86,814	18,320	2,711	0,317	108,162
7,963	4,918	68,099	14,237	2,107	0,247	84,690
8	4,888	67,677	11,168	1,637	0,192	80,675
9	4,132	57,207	11,099	1,284	0,149	69,739
10	3,492	48,356	9,382	1,276	0,117	59,131
11	2,952	40,874	7,930	1,079	0,116	50,000
12	2,495	34,550	6,703	0,912	0,098	42,264
13	2,109	29,205	5,666	0,771	0,083	35,725
14	1,783	24,686	4,790	0,652	0,070	30,198
15	1,507	20,867	4,049	0,551	0,059	25,526
15,1255	1,476	20,432	3,422	0,466	0,050	24,369
16	1,322	18,298	3,351	0,394	0,042	22,085
17	1,165	16,131	3,001	0,385	0,036	19,553
18	1,027	14,221	2,646	0,345	0,035	17,246
19	0,905	12,536	2,332	0,304	0,031	15,204
20	0,798	11,052	2,056	0,268	0,028	13,403
21	0,704	9,743	1,812	0,236	0,024	11,816
22	0,620	8,589	1,598	0,208	0,022	10,416
23	0,547	7,571	1,409	0,184	0,019	9,183
24	0,482	6,675	1,242	0,162	0,017	8,095
25	0,425	5,884	1,095	0,143	0,015	7,136
26	0,375	5,187	0,965	0,126	0,013	6,291
27	0,330	4,573	0,851	0,111	0,011	5,546
28	0,291	4,031	0,750	0,098	0,010	4,889

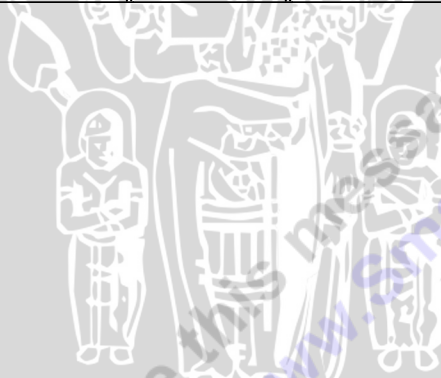
29	0,257	3,554	0,661	0,086	0,009	4,310
30	0,226	3,133	0,583	0,076	0,008	3,800
31	0,199	2,762	0,514	0,067	0,007	3,350
32	0,176	2,435	0,453	0,059	0,006	2,953
33	0,155	2,146	0,399	0,052	0,005	2,603
34	0,137	1,892	0,352	0,046	0,005	2,295
35	0,120	1,668	0,310	0,040	0,004	2,023
36	0,106	1,470	0,274	0,036	0,004	1,783
37	0,094	1,296	0,241	0,031	0,003	1,572
38	0,083	1,143	0,213	0,028	0,003	1,386
39	0,073	1,007	0,187	0,024	0,003	1,222
40	0,064	0,888	0,165	0,022	0,002	1,077
41	0,057	0,783	0,146	0,019	0,002	0,950
42	0,050	0,690	0,128	0,017	0,002	0,837
43	0,044	0,608	0,113	0,015	0,002	0,738
44	0,039	0,536	0,100	0,013	0,001	0,651
45	0,034	0,473	0,088	0,011	0,001	0,573
46	0,030	0,417	0,078	0,010	0,001	0,506
47	0,027	0,367	0,068	0,009	0,001	0,446
48	0,023	0,324	0,060	0,008	0,001	0,393
49	0,021	0,286	0,053	0,007	0,001	0,346
50	0,018	0,252	0,047	0,006	0,001	0,305

Berikut ini adalah hidrograf satuan sintetis untuk banjir, dengan kala ulang 50 tahun.

**Tabel 4.42 Ordinart Hidrograf Kala Ulang 50 Tahun**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Akibat hujan (mm/jam)				Jumlah (m <sup>3</sup> /dt)
		15,15	2,48	0,29	0,03	
0	0,000	0				0,000
1	1,015	15,375	0			15,375
2	5,356	81,150	2,521	0		83,671
3	14,173	214,736	13,309	0,290	0	228,335
3,188	16,399	248,461	35,217	1,530	0,026	285,235
4	13,358	202,395	40,748	4,050	0,139	247,332
5	10,381	157,291	33,193	4,686	0,369	195,538
6	8,068	122,238	25,796	3,817	0,426	152,278
7	6,270	94,997	20,047	2,967	0,347	118,358
7,963	4,918	74,519	15,580	2,305	0,270	92,674
8	4,888	74,057	12,221	1,792	0,210	88,280
9	4,132	62,599	12,145	1,405	0,163	76,313
10	3,492	52,914	10,266	1,397	0,128	64,705
11	2,952	44,727	8,678	1,181	0,127	54,713
12	2,495	37,807	7,335	0,998	0,107	46,248
13	2,109	31,958	6,200	0,844	0,091	39,093
14	1,783	27,014	5,241	0,713	0,077	33,044
15	1,507	22,834	4,430	0,603	0,065	27,932
15,1255	1,476	22,358	3,745	0,509	0,055	26,667
16	1,322	20,023	3,667	0,431	0,046	24,167
17	1,165	17,652	3,284	0,422	0,039	21,397
18	1,027	15,561	2,895	0,378	0,038	18,872
19	0,905	13,718	2,552	0,333	0,034	16,637
20	0,798	12,093	2,250	0,293	0,030	14,667
21	0,704	10,661	1,983	0,259	0,027	12,930
22	0,620	9,398	1,748	0,228	0,024	11,398
23	0,547	8,285	1,541	0,201	0,021	10,048
24	0,482	7,304	1,359	0,177	0,018	8,858
25	0,425	6,439	1,198	0,156	0,016	7,809
26	0,375	5,676	1,056	0,138	0,014	6,884
27	0,330	5,004	0,931	0,121	0,013	6,069
28	0,291	4,411	0,821	0,107	0,011	5,350

29	0,257	3,889	0,723	0,094	0,010	4,716
30	0,226	3,428	0,638	0,083	0,009	4,158
31	0,199	3,022	0,562	0,073	0,008	3,665
32	0,176	2,664	0,496	0,065	0,007	3,231
33	0,155	2,349	0,437	0,057	0,006	2,848
34	0,137	2,070	0,385	0,050	0,005	2,511
35	0,120	1,825	0,340	0,044	0,005	2,214
36	0,106	1,609	0,299	0,039	0,004	1,952
37	0,094	1,418	0,264	0,034	0,004	1,720
38	0,083	1,250	0,233	0,030	0,003	1,517
39	0,073	1,102	0,205	0,027	0,003	1,337
40	0,064	0,972	0,181	0,024	0,002	1,179
41	0,057	0,857	0,159	0,021	0,002	1,039
42	0,050	0,755	0,141	0,018	0,002	0,916
43	0,044	0,666	0,124	0,016	0,002	0,807
44	0,039	0,587	0,109	0,014	0,001	0,712
45	0,034	0,517	0,096	0,013	0,001	0,628
46	0,030	0,456	0,085	0,011	0,001	0,553
47	0,027	0,402	0,075	0,010	0,001	0,488
48	0,023	0,354	0,066	0,009	0,001	0,430
49	0,021	0,313	0,058	0,008	0,001	0,379
50	0,018	0,275	0,051	0,007	0,001	0,334



Rekapitulasi hidrograf satuan sintetis untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun dapat dilihat pada tabel 4.43.

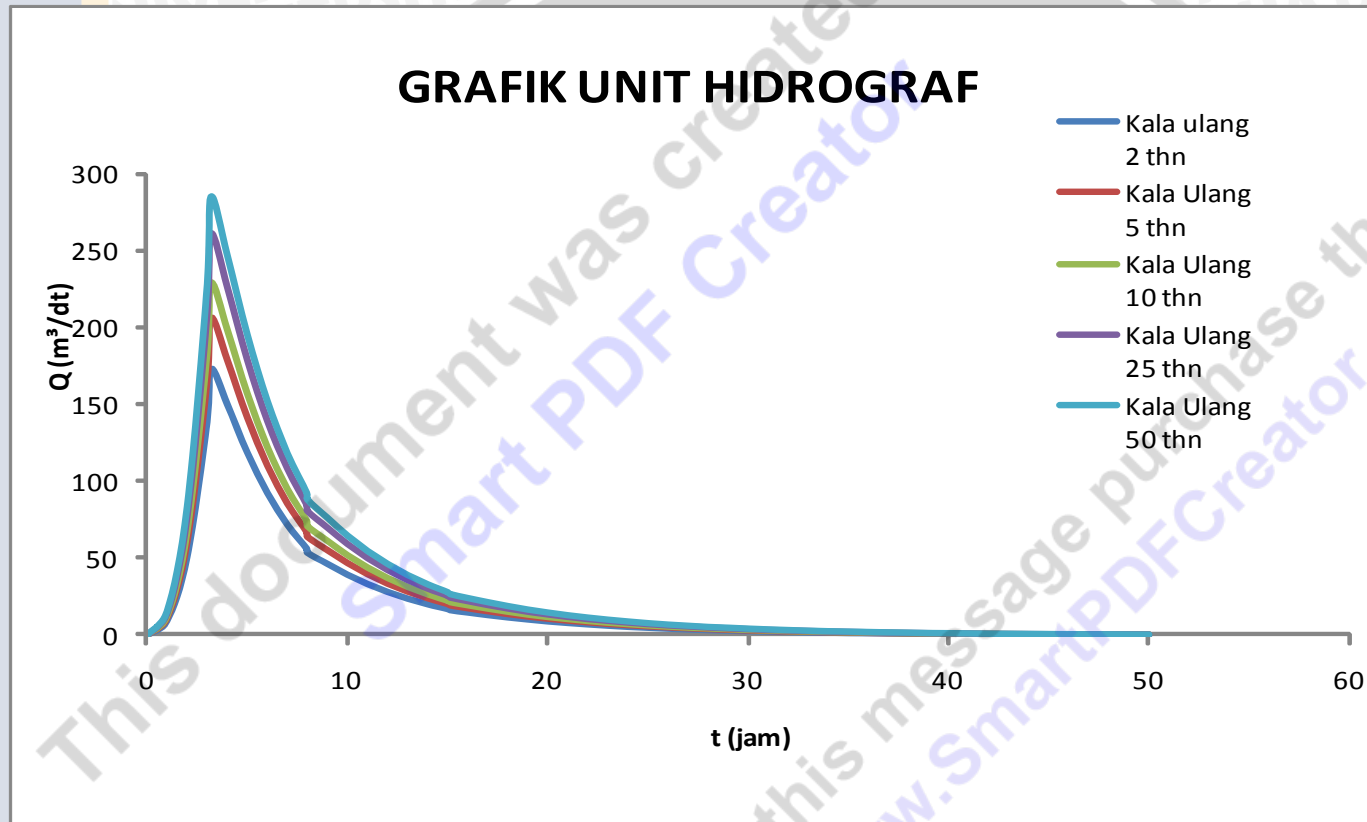
**Tabel 4.43 Rekapitulasi Hidrograf Banjir**

t(jam)	Q(m <sup>3</sup> /dtk)	Kala Ulang				
		2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,015	9,321	11,094	12,358	14,050	15,375
2	5,356	50,726	60,376	67,251	76,463	83,671
3	14,173	138,429	164,764	183,526	208,665	228,335
3,188	16,399	172,925	205,822	229,259	260,663	285,235
4	13,358	149,946	178,472	198,795	226,025	247,332
5	10,381	118,546	141,098	157,165	178,693	195,538
6	8,068	92,319	109,882	122,394	139,160	152,278
7	6,270	71,755	85,406	95,131	108,162	118,358
7,963	4,918	56,184	66,872	74,487	84,690	92,674
8	4,888	53,520	63,702	70,955	80,675	88,280
9	4,132	46,265	55,067	61,337	69,739	76,313
10	3,492	39,228	46,690	52,007	59,131	64,705
11	2,952	33,170	39,480	43,976	50,000	54,713
12	2,495	28,038	33,372	37,172	42,264	46,248
13	2,109	23,700	28,209	31,421	35,725	39,093
14	1,783	20,033	23,845	26,560	30,198	33,044
15	1,507	16,934	20,155	22,451	25,526	27,932
15,1255	1,476	16,167	19,242	21,433	24,369	26,667
16	1,322	14,651	17,439	19,424	22,085	24,167
17	1,165	12,972	15,440	17,198	19,553	21,397
18	1,027	11,441	13,618	15,169	17,246	18,872
19	0,905	10,087	12,005	13,372	15,204	16,637
20	0,798	8,892	10,583	11,789	13,403	14,667
21	0,704	7,839	9,330	10,392	11,816	12,930
22	0,620	6,910	8,225	9,161	10,416	11,398
23	0,547	6,092	7,251	8,076	9,183	10,048
24	0,482	5,370	6,392	7,120	8,095	8,858
25	0,425	4,734	5,635	6,277	7,136	7,809
26	0,375	4,174	4,968	5,533	6,291	6,884
27	0,330	3,679	4,379	4,878	5,546	6,069
28	0,291	3,243	3,861	4,300	4,889	5,350

29	0,257	2,859	3,403	3,791	4,310	4,716
30	0,226	2,521	3,000	3,342	3,800	4,158
31	0,199	2,222	2,645	2,946	3,350	3,665
32	0,176	1,959	2,332	2,597	2,953	3,231
33	0,155	1,727	2,055	2,289	2,603	2,848
34	0,137	1,522	1,812	2,018	2,295	2,511
35	0,120	1,342	1,597	1,779	2,023	2,214
36	0,106	1,183	1,408	1,569	1,783	1,952
37	0,094	1,043	1,241	1,383	1,572	1,720
38	0,083	0,919	1,094	1,219	1,386	1,517
39	0,073	0,811	0,965	1,075	1,222	1,337
40	0,064	0,715	0,850	0,947	1,077	1,179
41	0,057	0,630	0,750	0,835	0,950	1,039
42	0,050	0,555	0,661	0,736	0,837	0,916
43	0,044	0,490	0,583	0,649	0,738	0,807
44	0,039	0,432	0,514	0,572	0,651	0,712
45	0,034	0,380	0,453	0,504	0,573	0,628
46	0,030	0,335	0,399	0,445	0,506	0,553
47	0,027	0,296	0,352	0,392	0,446	0,488
48	0,023	0,261	0,310	0,346	0,393	0,430
49	0,021	0,230	0,273	0,305	0,346	0,379
50	0,018	0,203	0,241	0,269	0,305	0,334



Dari rekapitulasi hidrograf banjir di atas, maka dapat dirangkum dalam grafik hidrograf Nakayasu seperti pada gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Grafik Unit Hidrograf Untuk Beberapa Kala Ulang

Dari hasil hidrograf banjir, diperoleh nilai debit banjir untuk beberapa kala ulang. Rangkuman hasil perhitungan debit banjir rencana dapat dilihat pada tabel 4.44 berikut.

**Tabel 4.44 Tabel Debit Banjir Rencana**

No	Tr	Debit maksimum ( m <sup>3</sup> /detik)
1	2	172,93
2	5	205,82
3	10	229,26
4	25	260,66
5	50	285,23

#### 4.4.7 Menghitung Debit Rata-Rata Waduk

Debit rata-rata diperlukan untuk menentukan besarnya sedimentasi yang terbawa oleh sungai Sampean. Debit ini didapat dari rata-rata dari beberapa periode debit tahunan yang masuk ke dalam waduk. Tabel 4.45 menunjukkan rekapitulasi data debit bulanan sungai Sampean. Besarnya debit rata-rata sungai dapat dihitung berdasarkan rumus (2-10) sebagai berikut :

$$QY = \frac{1}{12} \times \left( \sum_{1}^{12} QM \right)$$

Dimana : QY = debit rata-rata harian dalam satu tahun (m<sup>3</sup>/dtk)

QM = debit rata-rata harian dalam satu bulan (m<sup>3</sup>/dtk)



Tabel 4.45 Debit Inflow Bulanan Bendung Sampean Baru

Tahun	Bulan												Q Rerata Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
2000	61,76	47,6	45,69	37,02	28,32	17,79	11,75	10,24	7,28	13,79	32,07	15,09	27,37
2001	23,16	88,45	48,85	28,52	18,95	21,71	12,52	10,13	13,65	16,31	18,37	18,17	26,57
2002	40,16	139,06	31,16	31,45	13,8	12,98	11,88	9,92	29,27	22,5	12,38	20,86	31,29
2003	42,45	77,32	40,38	17,65	22,75	10,48	10,42	9,07	8,22	8,64	13,16	22,01	23,55
2004	26,14	55,47	42,02	17,44	15,74	6,28	10,85	9,65	8,06	7,75	11,27	33,42	20,34
2005	18,73	22,31	31,83	26,09	13,09	12,53	11,5	8,92	8,67	11,85	10,54	35,43	17,62
2006	72,56	45,77	38,2	33,4	29,73	10,54	12,22	11,22	9,57	8,92	11,31	19,44	25,24
2007	14,15	21,96	39	38,5	14,14	12,05	10,02	9,28	8,26	8,86	12,16	21,96	17,53
2008	53,96	113,21	73,54	18,82	14,26	20,61	10,02	9,28	8,26	8,86	10,74	12,4	29,50
2009	21,96	73,54	19,87	13,01	20,33	19,78	9,42	9,46	7,05	7,06	8,27	8,18	18,16
2010	33,86	32,36	28	32,73	20,91	16,74	18,06	18,25	19,42	22,85	27,93	44,5	26,30
<b>Jumlah</b>	408,89	717,05	438,54	294,63	212,02	161,49	128,66	115,42	127,71	137,39	168,20	251,46	$\Sigma Qy = 263,46$
<b>Q rerata</b>	37,17	65,19	39,87	26,78	19,27	14,68	11,70	10,49	11,61	12,49	15,29	22,86	

Keterangan :

[1] = Tahun

[2] [3][4][5][6][7][8][9][10][11][12][13] = debit rata-rata tiap bulan dalam  $m^3/detik$ [14] =  $[ QY = \frac{1}{12} \times ( \Sigma QM ) ]$ Q rerata = Debit rata-rata bulanan dalam interval 11 tahun dalam  $m^3/detik$

Besarnya debit tahunan yang akan digunakan adalah rata-rata debit tahunan dari tahun 2000-2010, sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{\sum Q_y}{\text{jumlah tahun}} \\ &= \frac{263,46}{11} \\ &= 23,95 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Debit ini akan digunakan untuk perhitungan sedimentasi aktual yang terjadi berdasarkan metode SDR.

#### 4.4.8 Menghitung Sedimen Aktual Lapangan

Sedimen aktual lapangan diperoleh dengan pengujian sampel, dimana data ini diperoleh melalui pengambilan sampel air di waduk Sampean Baru Bondowoso. Sampel ini akan menjadi data primer yang akan digunakan untuk menghitung sedimentasi aktual yang masuk ke sungai Sampean.

Pengambilan sampel dilakukan dua kali, yaitu pada bulan Juli 2010 saat musim kemarau dan bulan Januari 2012 saat musim penghujan. Pengambilan sampel musim kemarau dilakukan di tiga titik, yaitu di bagian hulu sebelum bendung, di daerah bendung, dan sesudah bendung. Gambar 4.16 menunjukkan salah satu lokasi pengambilan saat musim kemarau.



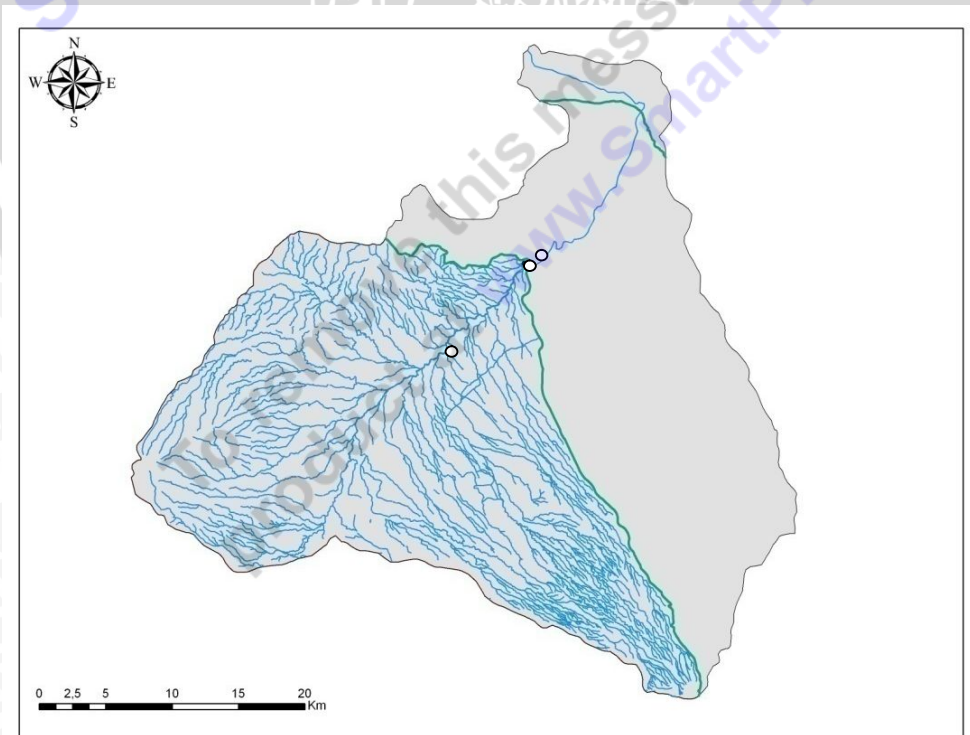
Gambar 4.16 Lokasi Pengambilan Saat Musim Kemarau

repository.ub.ac.id

Pengambilan sampel musim hujan hanya bisa diambil pada bagian bendung saja. Hal ini disebabkan karena pada kondisi lokasi pengambilan yang tidak memungkinkan. Arus sungai deras dan lereng sungai yang licin menyulitkan pengambilan. Gambar 4.17 menunjukkan lokasi pengambilan sampel saat musim penghujan, sedangkan gambar 4.18 menunjukkan titik-titik pengambilan sampel yang dilakukan saat musim kemarau dan penghujan.



**Gambar 4.17 Lokasi Pengambilan Saat Musim Hujan**



**Gambar 4.18 Titik Pengambilan Sampel Air**

Adapun cara pengujian sampel sebagai berikut :

Siapkan alat dan bahan berupa :

1. Sampel air
2. Pipet ukur
3. Tabung ukur
4. *Centrifuge*, untuk mengendapkan sedimen
5. Oven
6. Timbangan digital

Pelaksanaan percobaan :

1. Kocok terlebih dahulu sampel dalam wadah, kemudian ambil sampel dengan menggunakan pipet ukur sebanyak 10 ml.
2. Tuang sampel tersebut ke dalam tabung ukur. Dalam setiap wadah diambil 2 sampel untuk keakuratan pengujian.
3. Letakkan tabung ukur ke dalam alat yang bernama *centrifuge*, atur posisi tabung ukur sedemikian rupa sehingga seimbang.
4. Putar sampel dalam *centrifuge* selama 10 menit dengan kecepatan 2 ribu rpm.
5. Setelah 10 menit, angkat tabung ukur dan buang air yang ada di dalamnya. Pada saat membuang airnya harus dilakukan dengan sangat hati-hati agar sedimen yang telah mengendap di dasar tabung tidak terganggu.
6. Masukkan tabung ukur yang telah berisi endapan sedimen ke dalam oven untuk dikeringkan.
7. Setelah kering, kemudian tabung ukur ditimbang menggunakan timbangan digital untuk memperoleh berat kotor (sampel + tabung ukur).
8. Bersihkan tabung ukur dengan air samapi bersih, kemudian masukkan kembali dalam oven untuk dikeringkan.
9. Setelah kering, timbang tabung ukur tersebut untuk memperoleh berat tabung.
10. Dengan mengurangi berat kotor dengan berat bersih tabung, maka kita peroleh besarnya nilai *suspended load*.

Alat dan bahan dari percobaan yang akan dilakukan ditunjukkan oleh gambar 4.19, sedangkan alat yang bernama *centrifuge* ditunjukkan oleh gambar 4.20 berikut.



**Gambar 4.19** Alat dan bahan Percobaan



**Gambar 4.20** Centrifuge

Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Air dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Dari pengujian ini diperoleh besaran sedimen berupa *suspended load* pada kondisi musim kemarau dan hujan.

Tabel 4.46 Hasil Uji Lab Terhadap Hasil Sampel

Musim	Kemarau	Hujan
Waktu Pengambilan	31 Juli 2010	09 Januari 2012
Suspended Solid (mg/liter)	200	250
	300	300
	200	-
Rata-rata (mg/liter)	233,33	275

Untuk nilai  $C_s$  digunakan nilai rata-rata pada saat musim kemarau dan musim hujan, sehingga

$$C_s = \frac{233+275}{2} = 254 \text{ mg/liter}$$

Selanjutnya dapat dihitung sedimentasi lapangan yang terjadi berdasarkan debit banjir rencana dan debit rata-rata tahunan waduk, untuk diketahui besaran nilai SDR yang terjadi.

### 1. Berdasarkan Debit Banjir Rencana

Penghitungan sedimentasi lapangan menggunakan debit rencana pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh debit yang terjadi terhadap sedimentasi total suatu DAS. Besarnya nilai debit banjir rencana dapat dilihat pada tabel 4.44 sebelumnya.

Berikut adalah contoh perhitungan sedimentasi aktual untuk debit banjir rencana kala ulang 2 tahun ( $Q_{2\text{tahun}}$ ):

Data-data yang diketahui :

$$Q_{2\text{tahun}} = 172,93 \text{ m}^3/\text{detik} = 172.930 \text{ liter/detik}$$

$$C_s = 254 \text{ mg/liter} = 2,54 \cdot 10^{-7} \text{ ton/liter}$$

$$E = 1.353.382,955 \text{ ton/tahun}$$

$$A = 18,0033 \text{ ton/Ha/tahun}$$

Besarnya sedimentasi aktual lapangan yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} Q_s &= C_s \cdot Q_{2\text{tahun}} \\ &= 2,54 \cdot 10^{-7} \cdot 172.930 \\ &= 3.795,053 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$= 1.385.194,202 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga besarnya nilai SDR adalah :

$$SDR = \frac{\text{Hasil sedimen yang diperoleh}(Q_s)}{\text{Erosi total pada suatu DAS}(E)}$$

Dengan nilai E sebesar 1.353.382,955 ton/tahun, maka

$$SDR = \frac{1.385.194,202}{1.353.382,955} \times 100\% \\ = 102,4 \%$$

Besar sedimen aktual lapangan adalah :

$$Y = A \times SDR \times \text{Luas DAS} \\ = 18,0033 \times 102,14 \% \times 75.174,76 \\ = 1.385.864,146 \text{ ton/tahun}$$

Rangkuman perhitungan untuk debit banjir rencana yang lain dapat dilihat pada tabel 4.47 di bawah ini.

**Tabel 4.47 Perhitungan SDR dan Sedimen Aktual Untuk Beberapa Kala Ulang**

Kala Ulang (thn)	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /dtk)	Cs (mg/ltr)	Qs (ton/thn)	E (ton/thn)	SDR (%)	Y (ton/ha/thn)
2	172,93	254	1.385.194,202	1.353.382,955	102,350	1.385.205,258
5	205,82	254	1.648.647,838	1.353.382,955	121,817	1.648.660,996
10	229,26	254	1.836.405,613	1.353.382,955	135,690	1.836.420,270
25	260,66	254	2.087.924,135	1.353.382,955	154,274	2.087.940,799
50	285,23	254	2.284.733,373	1.353.382,955	168,816	2.284.751,608

## 2. Berdasarkan Debit Rata-Rata Tahunan

Dalam perhitungan ini, digunakan data debit rata-rata tahunan yang masuk ke dalam waduk. Berikut adalah langkah perhitungannya.

Data-data yang diketahui :

$$C_s = 254 \text{ mg/liter} = 2,54 \cdot 10^{-7} \text{ ton/liter}$$

$$Q_w = 23,95 \text{ m}^3/\text{detik} = 23.950 \text{ liter/detik}$$

$$E = 1.353.382,955 \text{ ton/tahun}$$

$$A = 18,0033 \text{ ton/Ha/tahun}$$

Besarnya sedimentasi aktual lapangan yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} Q_s &= C_s \cdot Q_w \\ &= 2,54 \cdot 10^{-7} \cdot 23.950 \\ &= 525,597 \text{ ton/hari} \\ &= 191.842,95 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya nilai SDR adalah :

$$SDR = \frac{\text{Hasil sedimen yang diperoleh}(Q_s)}{\text{Erosi total pada suatu DAS}(E)}$$

Dengan nilai E sebesar 1.353.382,955 ton/tahun, maka

$$\begin{aligned} SDR &= \frac{191.184,95}{1.353.382,955} \times 100\% \\ &= 14,17\% \end{aligned}$$

Besar sedimen aktual lapangan adalah :

$$\begin{aligned} Y &= A \times SDR \times \text{Luas DAS} \\ &= 18,0033 \times 14,17\% \times 75.174,76 \\ &= 191.775,895 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

### 4.4.9 Menghitung Laju Sedimentasi dan Sisa Usia Waduk

Besarnya volume sedimen yang masuk bendung dihitung berdasarkan selisih antara volume sebelumnya terhadap volume terakhir. Perhitungan besarnya volume adalah :

- Awal beroperasi, tahun 1985, volume tampungan = 1.500.000 m<sup>3</sup>
- Periode tahun 2008 volume tampungan = 900.000 m<sup>3</sup>
- Volume tampungan mati = 900.000 m<sup>3</sup>



Sehingga, besarnya pengurangan volume waduk adalah :

$$\begin{aligned} &= V. \text{tampungan awal} - V \text{ tampungan akhir} \\ &= 1.500.000 \text{ m}^3 - 900.000 \text{ m}^3 \\ &= 600.000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Laju Sedimen} = \frac{1.500.000 - 900.000}{23} = 26.086,96 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Dengan besar  $S_g = 2,611 \text{ ton/m}^3$ , maka laju sedimen ekuivalen dengan  $2,611 \times 26.086,96 = 68.113,052 \text{ ton/tahun}$ .

Volume dead storage yang sudah terisi sebesar :

$$\begin{aligned} &= 900.000 - \Delta V \\ &= 900.000 - [V. \text{tampungan akhir} - (V. \text{awal} - V. \text{mati})] \\ &= 900.000 - [900.000 - (1.500.000 - 900.000)] \\ &= 600.000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Sisa usia waduk Sampean Baru} = \frac{300.000}{26.086,96} = 11,49 \sim 11,5 \text{ tahun}$$

sehingga usia waduk berakhir pada : tahun 2008 + 11,5 tahun = 2019 + 6 bulan

Volume sedimen yang masuk waduk sampai tahun 2011 adalah :

$$\begin{aligned} &= 600.000 \text{ m}^3 + (2011-2008) \times 26.086,96 \text{ m}^3 \\ &= 600.000 \text{ m}^3 + 3 \times 26.086,96 \text{ m}^3 \\ &= 678.260,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ditinjau berdasarkan data yang diperoleh, maka sisa usia rencana waduk mengalami pengurangan akibat sedimentasi yang besar. Dengan usia rencana adalah 50 tahun, maka idealnya sisa usia guna waduk masih 27 tahun lagi terhitung dari awal waduk mulai beroperasi tahun 1985. Namun dari hasil analisis diperoleh besarnya sisa usia guna waduk hanya 11,5 tahun.

Persentase besarnya pengurangan usia guna waduk adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{(27-11,5)}{27} \times 100\% \\ &= 57,41 \% \end{aligned}$$

Sementara bila menggunakan sampel sedimen di lapangan, laju sedimentasinya adalah :

$$\text{Diketahui, } C_s = 254 \text{ mg/liter} = 2,54 \cdot 10^{-7} \text{ ton/liter}$$

$$Q_w = 23,95 \text{ m}^3/\text{detik} = 23.950 \text{ liter/detik}$$

Besarnya sedimentasi yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} Q_s &= C_s \cdot Q_w \\ &= 2,54 \cdot 10^{-7} \cdot 23.950 \\ &= 525,597 \text{ ton/hari} \\ &= 191.842,95 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\text{dengan } S_g = 2,611, \text{ maka laju sedimen} = \frac{191.842,95}{2,611} = 73.474,89 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$\text{Sisa usia guna waduk Sampean Baru} = \frac{300.000}{73.474,89} = 4,08 \text{ tahun} \sim 4,1 \text{ tahun}$$

Usia guna waduk berakhir pada tahun 2008 + 4,1 tahun = 2012 + 3 hari

Volume sedimen yang masuk waduk sampai tahun 2011 adalah :

$$\begin{aligned} &= 600.000 \text{ m}^3 + (2011-2008) \times 73.474,89 \text{ m}^3 \\ &= 600.000 \text{ m}^3 + 3 \times 73.474,89 \text{ m}^3 \\ &= 820.424,67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Apabila dihitung berdasarkan sedimen aktual, maka didapatkan usia guna waduk sebesar 4,1 tahun terhitung dari tahun 2008.

Persentase besarnya pengurangan usia guna waduk adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{(27-4,1)}{27} \times 100\% \\ &= 84,81 \% \end{aligned}$$

## 4.5 Analisa Hasil Perhitungan

### 4.5.1 Analisa Erosi DAS

Besarnya erosi yang terjadi pada DAS Sampean Baru berdasarkan hasil perhitungan diperoleh sebesar 18,0033 ton/Ha/tahun. Berdasarkan tabel 4.48, maka dapat disimpulkan bahwa erosi yang terjadi pada wilayah DAS dalam kategori sedang.

**Tabel 4.48 Klasifikasi Bahaya Erosi**

Kelas	Bahaya Erosi	
	Ton/Ha/Thn	Mm/Tahun
I Sangat Ringan	<1,75	<0,1
II Ringan	1,75-17,50	0,1-1,0
III Sedang	17,50-46,25	1,0-2,5
IV Berat	46,25-92,50	2,5-5,0
V Sangat Berat	>92,50	>5,0

Walaupun kategori erosi yang terjadi berada pada kategori sedang, perlu segera dilakukan penanganan pengendalian laju erosi. Laju erosi dapat disebabkan oleh tata guna lahan yang tidak seimbang di wilayah DAS. Hal ini dapat dilihat dari luasan hutan yang hanya 9,29 % dari total luas DAS Sampean Baru (tabel 4.28). Berkurangnya wilayah resapan air menyebabkan limpasan air permukaan yang terjadi saat hujan menjadi besar dan menggerus permukaan tanah dalam jumlah yang signifikan. Gerusan tanah erosi ini akan masuk ke dalam saluran dan terbawa sampai ke sungai yang akhirnya akan terendap dan terakumulasi di waduk. Penanganan ini dapat berupa perluasan areal hutan penghijauan, pengaturan ulang tata guna lahan, dan menanam lahan dengan tanaman keras. Namun sekiranya dalam penanganan ini melibatkan masyarakat sekitar, sehingga masyarakat dapat ikut menjaga kondisi lahan namun tetap mendapat manfaat secara ekonomi dari perbaikan lahan.

### 4.5.2 Analisa Nilai Sediment Delivery Ratio (SDR)

Erosi yang terjadi pada suatu wilayah tidak seluruhnya masuk ke dalam waduk. Apabila meliputi suatu wilayah yang luas, maka tanah hasil pengikisan yang menjadi erosi sebagian akan mengendap terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam sungai, sedangkan sebagian lagi tetap terbawa dan mengendap di waduk. Pengendapan ini disebabkan oleh besarnya energi limpasan aliran yang terjadi tidak mencukupi untuk membawa berat tanah yang tererosi. Tabel 4.49 menunjukkan hubungan antara luas DAS dengan rasio SDR.

**Tabel 4.49 Hubungan Luas DAS dengan Nilai SDR**

No	Luas DAS (Ha)	Rasio SDR (%)
1	10	53
2	50	39
3	100	35
4	500	27
5	1.000	24
6	5.000	15
7	10.000	13
8	20.000	11
9	50.000	0,85
10	2.600.000	0,49

Dari hasil perhitungan, berdasarkan debit rata-rata tahunan diperoleh nilai SDR sebesar 14,17%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sedimentasi aktual yang terjadi sangat besar. Hal ini menunjukkan bahwa volume tanah tererosi yang terbawa ke sungai cukup signifikan. Kondisi penggunaan lahan yang didominasi oleh sawah dan ladang menyebabkan tidak adanya resapan air yang cukup di wilayah DAS, yang menyebabkan limpasan permukaan yang terjadi cukup besar, sehingga banyak menggerus permukaan tanah saat terjadi hujan.

Sedangkan bila berdasarkan debit banjir, diperoleh nilai SDR di atas 100 % (tabel 4.47), artinya bahwa volume sedimen yang masuk lebih besar dari erosi yang terjadi. Jika terjadi demikian, maka sedimen yang terjadi juga berasal dari gerusan dasar dan lereng-lereng sungai yang membawa material tanah. Hal ini dapat mengakibatkan rusaknya dasar sungai dan jebolnya dinding penahan di sekitar sungai sehingga dapat terjadi banjir besar di sepanjang sungai.

#### 4.5.3 Analisa Laju Sedimen dan Sisa Usia Waduk

Berdasarkan data tampungan waduk pada tahun 2008, diketahui bahwa sisa usia guna waduk mengalami pengurangan sisa usia guna. Setelah 23 tahun beroperasi terhitung sejak tahun 1985, sedimen yang telah tertampung sebesar 600.000 m<sup>3</sup>, maka diperoleh laju sedimen yang terjadi sebesar 26.086,96 m<sup>3</sup>/tahun atau setara dengan 68.113,052 ton/tahun. Sisa usia rencana yang seharusnya adalah 27 tahun, berkurang menjadi 11,5 tahun atau mengalami pengurangan sebesar 57,41 %.

Apabila digunakan data sedimen lapangan berdasarkan metode SDR, diperoleh laju sedimen sebesar 73.474,89 m<sup>3</sup>/tahun atau setara dengan 191.842,95 ton/tahun.

Sehingga sisa usia guna waduk berakhir pada tahun  $2008 + 4,1 \text{ tahun} = 2012 + 3 \text{ hari}$ , dan persentase pengurangan sisa usia rencananya adalah sebesar 84,81 %.

Perbedaan sisa usia guna waduk yang sangat mencolok antara hasil perhitungan berdasarkan data teknis dengan sedimen lapangan disebabkan oleh kurangnya data sampel *suspended load* yang digunakan. Hal ini menyebabkan perhitungan sisa usia guna waduk menjadi tidak valid, ditunjukkan dengan perbandingan sisa usia guna waduk yang terlalu jauh (11,5 tahun dengan 4,1 tahun). Oleh karena itu, maka sisa usia guna waduk yang menjadi acuan adalah berdasarkan data teknis sebesar 11,5 tahun.

Penanganan paling awal dapat berupa penggelontoran sedimen yang sudah terakumulasi di waduk dengan pembukaan pintu penguras sedimen yang ada di waduk. Cara ini lebih mudah sebab berdasarkan perhitungan, kapasitas *dead storage* belum terpenuhi sehingga pintu penguras masih dapat dioperasikan. Sebab, apabila akumulasi sedimen telah menutupi pintu pembilasan, maka perlu dilakukan pengerukan bendungan yang akan memakan waktu lama serta biaya yang besar. Gambar 4.21 menunjukkan kondisi air di waduk Sampean Baru pada saat kemarau.



**Gambar 4.21 Kondisi Air Pada Saat Kemarau**

Kondisi air yang keruh menunjukkan bahwa sedimen yang terlarut pada sungai cukup tinggi. Mengingat sisa usia guna waduk hanya sekitar 11,5 tahun lagi, maka diperlukan tindakan penanganan segera untuk mengurangi laju sedimen yang masuk waduk. Pada gambar 4.22 memperlihatkan kondisi waduk saat musim penghujan, dimana tingkat kekeruhannya hampir sama dengan musim kemarau.



**Gambar 4.22 Kondisi Air Pada Saat Musim Penghujan**

Perbaikan dan penghijauan kembali lahan di wilayah DAS sangat diperlukan untuk mengurangi erosi yang terjadi. Pembangunan *check dam* di bagian hulu-hulu sungai juga perlu dilakukan untuk menekan jumlah sedimen yang ikut terbawa arus sungai Sampean, terutama saat musim hujan.

