

LAPORAN KEMAJUAN 70%

Program Penelitian Pemula



**KAJIAN KAPASITAS SEDIMEN TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN
(STUDI KASUS SUB-DAS LUBUK PARAKU)**

TIM PENGUSUL

Ketua:

ZUFRIMAR (NIDN: 1003067801)

Anggota Dosen:

EDWINA ZAINAL (NIDN: 1025048603)

NORI YUSRI (NIDN: 1017027703)

Anggota Mahasiswa:

CINDY RUBBY RIENSA (NPM: 2010015211191)

JIFFI STAR IMADUS (NPM: 2010015211178)

**PRODI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA
JULY, 2024**

LEMBAR PENGESAHAN USULAN PENELITIAN			
1	Judul Proposal Penelitian	Kajian Kapasitas Sedimen Terhadap Aliran Permukaan (Studi Kasus Sub-Das Lubuk Paraku)	
IDENTITAS PENELITIAN			
	Ketua Peneliti		
3	Nama Peneliti (Pengusul)	Zufrimar, S.T., M.T.	
	Jabatan/Golongan	Lektor	
	NPP/NIDN	1003067801	
	Bidang Keahlian	Teknik Sipil	
	Unit/Fakultas/Jurusan	Fakultas	Jurusan/Program Studi
		FTSP	Teknik Sipil
	Alamat Rumah	Simpang Alai No. 31 Pauh Padang 25162	
No. Telp/Faks/Email Peneliti	085292034965	Email: zufrimar@bunghatta.ac.id	
4	Anggota Peneliti	Anggota 1	Anggota 2
	Nama Peneliti (Pengusul)	Edwina Zainal, S.T., M. Eng., Ph.D	Nori Yusri, S.T., M.Si.
	Jabatan/Golongan	Lektor	Asisten Ahli
	NPP/NIDN	1025048603	1017027703
	Bidang Keahlian	Hidrologi Lingkungan	Perencanaan Wilayah Kota
	Unit/Fakultas/Jurusan	FTSP/ Teknik Sipil	FTSP/PWK
5	Lokasi Penelitian	sub-DAS Lubuk Paraku, DAS Batang Arau	
6	Waktu Pelaksanaan	7 bulan	
7	Dana yang Diusulkan	Rp. 8.000.000,-	
	Terbilang	Delapan Juta Rupiah	
8	Spesifikasi <i>outcome</i> penelitian	A. Sumber Daya Air	
		B. Tata Guna Lahan	

Padang, 17 July 2024

Pengusul,

(Zufrimar, S.T., M.T.)
NIDN. 1003067801

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

(Dr. Al Busyra Fuadi, S.T., M.Sc.)
NIDN. 1016018102

Menyetujui,
Ketua LPPM
(Dr. Azrita, S.Pi., M.Si)
NIDN. 1031077503

I. PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan di wilayah hulu diakui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap fungsi hidrologis daerah tangkapan air. Fungsi hidrologis daerah tangkapan air adalah kemampuan untuk menyerap, menahan, menyimpan, dan mengalirkan air secara perlahan untuk menciptakan keseimbangan suatu sistem tata air.

Daerah aliran sungai (DAS) Batang Arau terdiri dari beberapa sub-DAS, dengan sungai utamanya adalah Sungai Batang Arau yang merupakan salah satu sungai terbesar di Kota Padang. Salah satu hulu DAS Batang Arau adalah Sub-DAS Lubuk Paraku yang terletak di timur laut Kota Padang. Didominasi oleh kawasan konservasi dan hutan lindung seperti Taman Hutan Raya Dr. Mohammad Hatta dan Cagar Alam Barisan I [1]. Sub-DAS Lubuk Paraku terdiri dari daerah tambang, pemukiman, persawahan, dan areal pertanian [2, 3]. Selain itu, daerah Lubuk Paraku merupakan kawasan tujuan wisata dan kawasan rencana pembangunan jalan layang [4].

Rencana Pembangunan Jangka Menengah Pemerintah Daerah (RPJMD) 2019-2024 Kota Padang yang dilaksanakan mengutamakan pembangunan ekonomi, seperti kawasan wisata, dan didukung dengan akses jalan yang semakin membaik. Pembangunan ini dapat menimbulkan suatu respon terhadap meningkatnya alih fungsi lahan di daerah resapan air. Laporan [5] menyatakan bahwa hulu DAS Batang Arau terus mengalami penurunan akibat alih fungsi lahan. Meningkatnya aktivitas di daerah hulu berdampak pada daerah hulu hingga hilir dalam perubahan fluktuasi runoff dan beban sedimen. Sedimen pada alur sungai menyebabkan ketinggian muka air sungai naik. Menurut [6] banjir yang terjadi di Kota Padang ditunjukkan dengan rusaknya badan sungai di daerah hulu. Ditambah lagi peningkatan curah hujan yang terjadi pada daerah Kota Padang [7] memicu terjadinya erosi pada daerah sub-DAS Lubuk Paraku [8].

Pokok permasalahannya adalah lokasi merupakan daerah tambang batu kapur yang merupakan daerah dengan kemiringan curam, sehingga jika curah hujan tinggi maka terjadilah peningkatan erosi yang berdampak pada kenaikan debit runoff dan sedimen pada daerah hilir. Selain itu, masih sedikitnya informasi hidrologi terkait sub-DAS Lubuk Paraku.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis bertujuan untuk menganalisis perilaku tata guna lahan terhadap debit runoff dan sedimen pada sub-DAS Lubuk Paraku. Urgensi penelitian ini adalah pemantauan debit runoff dan sedimen sehubungan dengan tutupan lahan yang berfungsi sebagai penilaian keberlanjutan dari sistem penggunaan lahan yang mencerminkan keadaan sub-DAS Lubuk Paraku. Selain itu, informasi ini juga berguna untuk menilai dampak dari setiap potensi perubahan tutupan lahan pada sistem sumber daya air dan untuk merancang strategi untuk penggunaan lahan dan air yang berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian curah hujan, debit, transport sedimen, runoff dan daerah penyumbang sedimen sangat penting dalam menafsirkan dinamika spasial dan temporal dalam hal kuantitas dan kualitas sumber daya air. Dalam konteks ini, sumber daya air dihasilkan terutama oleh hulu yang terletak di zona pegunungan yang terus menerus terganggu oleh perubahan besar dalam penggunaan lahan, yang berdampak luas pada pengelolaan sumber daya air. Selain itu, pada skala lokal dan global, perubahan tutupan lahan mengubah proses infiltrasi, intersepsi, evapotranspirasi, dengan kata lain sangat mempengaruhi siklus hidrologi dan neraca air.

Perubahan Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan dan tutupan lahan sering disalahpahami sebagai dua hal yang identik atau dapat dipertukarkan. Namun, ada perbedaan yang signifikan antara istilah-istilah ini. Tutupan lahan adalah representasi dari biofisik permukaan bumi dan sub-permukaan langsung termasuk biota, tanah, topografi, dan struktur terbangun, sedangkan penggunaan

lahan adalah tutupan lahan yang dimodifikasi dengan tujuan tertentu. Perubahan tutupan lahan dapat mengubah keanekaragaman biotik, produktivitas primer aktual dan potensial, kualitas tanah, kualitas limpasan, transportasi sedimen dan sejumlah atribut lain yang terkait dengan lanskap terestrial [9]. Pada daerah pegunungan, erosi tanah dan runoff berkurang ketika permukaan tanah memiliki persentase tutupan lahan yang tinggi, dan keadaan ini memiliki pengaruh pada fungsi hidrologi pada skala DAS. Penelitian oleh [10] menunjukkan bahwa vegetasi merupakan faktor kunci yang mempengaruhi hasil sedimen dan runoff. Berbeda dengan daerah pegunungan dengan tutupan vegetasi yang langka, maka perpindahan sedimen tinggi dan hal ini sangat terkait dengan pembentukan runoff yang besar. Akibatnya, respon sedimen daerah aliran sungai sangat tergantung pada lokasi dan distribusi daerah sumber air.

Banyak metode untuk mendapatkan informasi tentang perubahan tata guna lahan, seperti survey area, penggunaan GPS, foto udara dan citra satelit melalui penginderaan jarak jauh. Diawali dengan peluncuran Landsat pada tahun 1972 yang menyediakan cakupan global permukaan bumi, sehingga teknik pemetaan tata guna lahan melalui satelit telah berkembang secara signifikan [11]. Dalam pemetaan tata guna lahan dengan menggunakan citra satelit, hal penting yang harus diperhatikan adalah resolusi spasial dan temporal.

Hubungan Tata Guna Lahan dan Sumber Daya Air

Pada [12] menguraikan bahwa kualitas air permukaan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan pencemar tetapi juga oleh pola dan jumlah runoff. Runoff sering dianggap sebagai kuantitas air dalam hidrologi yang mewakili pergerakan air di permukaan bumi. Pemahaman tentang kuantitas (runoff) dan kualitas air permukaan sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air yang lebih baik.

Hubungan antara tata guna lahan dan sumber daya air sangat kompleks karena variabilitas daerah aliran sungai, kesulitan dalam mengendalikan perubahan lahan dan faktor-faktor lainnya. Studi menunjukkan bahwa perubahan tutupan vegetasi dan kerapatan menyebabkan perubahan dalam proses hidrologi tangkapan air seperti intersepsi, evapotranspirasi, perkolasi, runoff dan pengisian air tanah [13]. Dampak deforestasi dan urbanisasi yang dilaporkan secara umum telah didokumentasikan seperti aliran yang berkurang dan lebih deras, peningkatan kerentanan terhadap tanah longsor dan banjir, penurunan kualitas air dan sedimentasi yang memburuk, nutrisi tanah menurun dan polutan [14]. Perubahan tata guna lahan yang pada akhirnya dapat mengganggu siklus hidrologi pada daerah aliran sungai.

Runoff dan Sedimen

Dalam kajian hidrologi, perubahan tata guna lahan dalam daerah aliran sungai telah diakui sebagai faktor yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan runoff. Dalam studi [15] perubahan tata guna lahan memiliki dampak yang lebih besar terhadap pembentukan runoff dibandingkan dengan perubahan iklim. Berbagai penelitian tentang dampak perubahan penggunaan lahan pada parameter hidrologi seperti mekanisme runoff telah dilakukan di lokasi yang berbeda [16] dan menunjukkan temuan yang kontradiktif, kurangnya konsistensi, terutama pada DAS besar, di mana pengaruh dari sub-DAS dapat menutupi dampak perubahan tata guna lahan di seluruh DAS. Hal ini disebabkan oleh masih sedikitnya pemahaman terutama disebabkan oleh heterogenitas karakteristik DAS, pola dan konfigurasi penggunaan lahan, perilaku ambang batas dalam proses hidrologi, dan inferensi iklim yang sulit untuk diukur. Oleh karena itu, penelitian serupa dari DAS tertentu memiliki beberapa manfaat dalam meningkatkan pemahaman tentang perilaku perubahan tata guna lahan pada terhadap pembentukan runoff.

Selain itu, perubahan tata guna lahan juga mendorong terjadinya erosi [17], dimana tanah yang tererosi terbawa oleh runoff ke aliran sungai sehingga menyebabkan pendangkalan sungai. Erosi merupakan salah satu kejadian alami yang tidak dapat dihindari. Dengan adanya erosi mengakibatkan laju sedimen di sungai menjadi bertambah besar dan berakibat pengendapan di daerah hilir sungai. Sedimen merupakan tanah atau bagian tanah

yang terangkut oleh air pada DAS dan masuk ke dalam badan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya ukuran partikel sedimen yaitu debit, karakteristik fisik sedimen, karakteristik aliran sungai [18].

Terdapat berbagai metode untuk mencari prediksi laju erosi untuk mengetahui besarnya sedimen yang mengendap pada aliran sungai. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode USLE (Universal Soil Loss Equation) untuk mengetahui prediksi laju erosi. Metode ini baik digunakan di daerah yang faktor utama penyebab erosinya adalah hujan dan aliran permukaan [19]. Selain itu, jumlah angkutan sedimen pada aliran sungai menggunakan metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's.

Pemantauan runoff dan hasil sedimen sehubungan dengan tutupan lahan memungkinkan penilaian keberlanjutan sistem penggunaan lahan, karena kedua parameter tersebut mencerminkan kondisi daerah aliran sungai. Selain itu, informasi ini dapat berguna untuk menilai dampak dari setiap perubahan potensial tutupan lahan pada sistem sumber daya air dan untuk merancang strategi untuk penggunaan lahan dan air yang berkelanjutan.

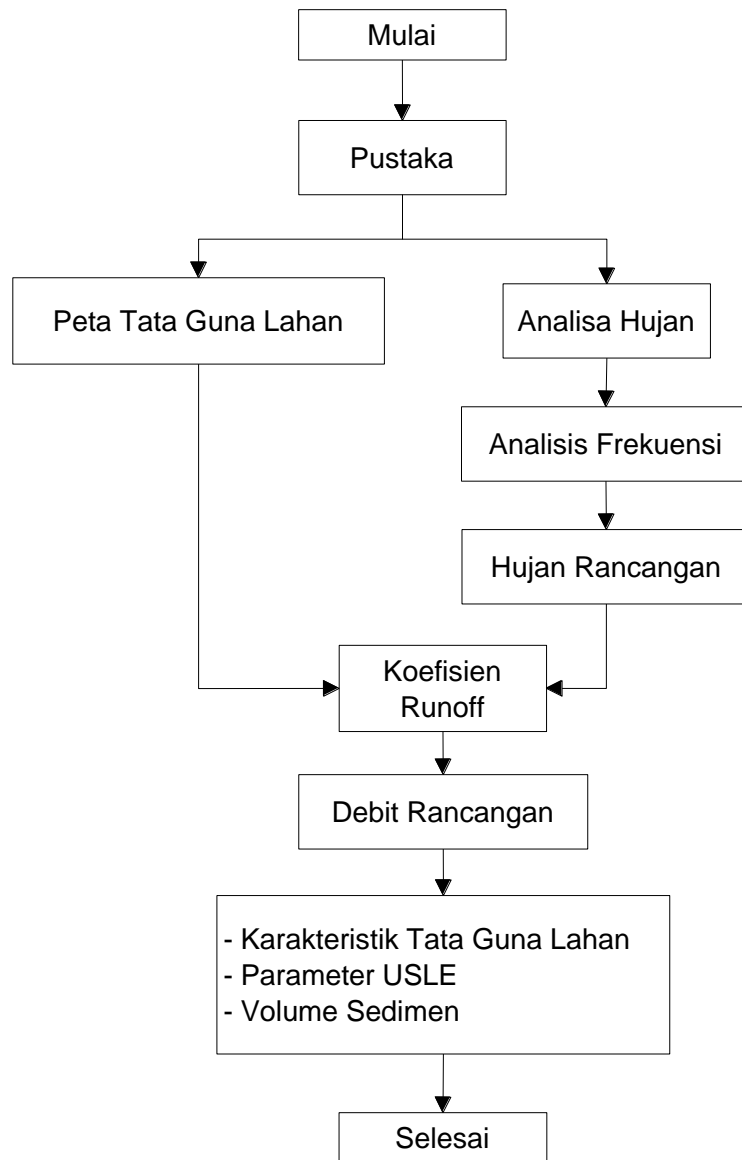
METODE

Penelitian ini dengan pokok permasalahan utama adalah sub-DAS Lubuk Paraku termasuk daerah tambang batu kapur yang mempunyai kemiringan curam, sehingga jika curah hujan tinggi maka terjadilah peningkatan erosi yang berdampak pada kenaikan debit runoff dan sedimen pada daerah hilir. Peneliti melakukan studi literatur terkait penelitian terdahulu bahwa hulu DAS Batang Arau, yaitu sub-DAS Lubuk Paraku mengalami perubahan tata guna lahan dan kualitas air yang menurun [20].

Pada penelitian tahun pertama ini peneliti juga melakukan studi literatur tentang daerah Lubuk Paraku, hujan, runoff, sedimen, perangkat lunak ArcGIS, dan Digital Elevation Model (DEM). Tahap berikutnya adalah tahap persiapan yaitu pengumpulan data DEM, data hujan dan data sedimen. Data DEM ini dapat diperoleh dari website DEMNAS dalam bentuk GeoTIFF data dengan resolusi spasial 0.27-arcsecond dan datum vertical EGM2008. Lokasi kajian adalah sub-das Lubuk Paraku.

Tahap selanjutnya adalah tahap analisa peta tata guna lahan sub-DAS Lubuk Paraku dan analisis data hujan. Pada tahap ini, dilakukan plotting stasiun hujan terhadap peta yang dibuat, sehingga didapatkan hujan maksimum pada sub-DAS Lubuk Paraku. Kualitas dan panjang data sangat menentukan hasil analisis yang dilakukan, sehingga perlu dilakukan uji konsistensi data. Peneliti melakukan pemilihan data hujan dengan metode annual series untuk curah hujan maksimum yang nantinya digunakan pada analisa frekuensi dan pada perhitungan hujan rancangan.

Pada tahap analisa debit direncanakan menggunakan metode Rasional untuk mengetahui besarnya debit banjir maksimum dan koefisien runoff pada sub-DAS Lubuk Paraku. Pada analisa sedimen menggunakan beberapa metode sebagai perbandingan, karena keterbatasan data. Metode untuk analisa sedimen adalah metode Yang, Ackers and White, Englund dan Hansen serta metode USLE. Diagram alir dan bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



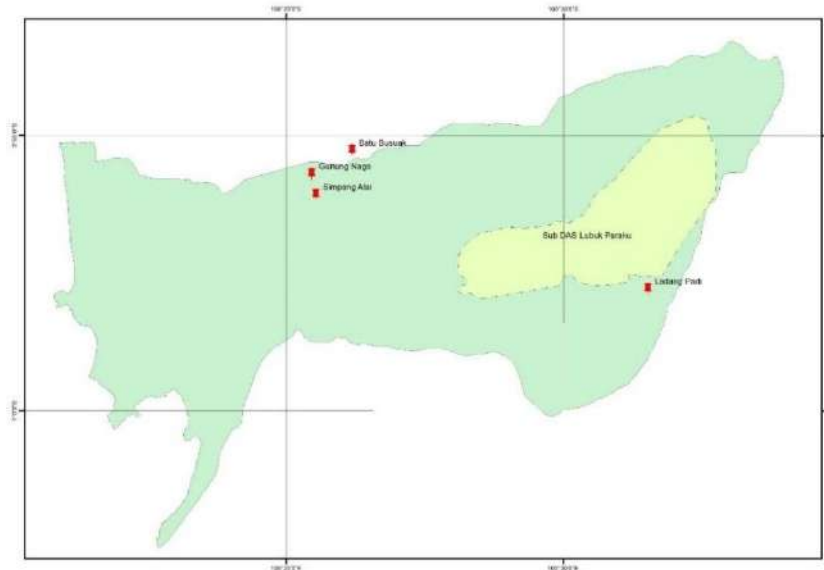
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

II. KEMAJUAN HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN

2.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata Kawasan

Dalam perhitungan curah hujan rata-rata terdapat 3 metode yaitu metode polygon Thiessen, metode rata-rata aljabar, dan metode isohyet. Pada pembahasan ini penulis hanya menggunakan metode polygon Thiessen. DAS Batang Arau mempunyai 4 stasiun curah hujan, yaitu Stasiun Gunung Nago, Stasiun Ladang Padi, Stasiun Batu Busuk, dan Stasiun Simpang Alai. Rentang waktu yang digunakan 15 tahun dari tahun 2003-2017.

Untuk menentukan luas pengaruh stasiun curah hujan dengan metode polygon Thiessen, jumlah stasiun dan luas DAS harus memenuhi syarat. Dimana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara 2 stasiun. Tapi pada pembahasan ini penulis hanya menggunakan 1 stasiun untuk menghitung curah hujan rata-rata kawasan, karena hanya stasiun lading padi yang sangat berpengaruh di kawasan sungai lubuk paraku. Untuk melihat stasiun yang sangat berpengaruh dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata dengan Polygon Thiessen
(Sumber : Software Arcgis)

Hasil perhitungan curah hujan maksimum stasiun Ladang Padi bisa dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Curah Hujan Maksimum

Tahun	Curah Hujan	Tanggal kejadian
	Maksimum	
2003	105	17 Agustus
2004	95	5 oktober
2005	118	7 oktober
2006	155	29-Nov
2007	75	17 Juni
2008	80	22-Apr
2009	145	6 Januari
2010	109	24 Februari
2011	118	22 Juni
2012	117	24 Juli
2013	125	3 desember
2014	125	30 oktober
2015	76	13 desember
2016	118	7 oktober
2017	122	28 Agustus

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Untuk perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan lima metode, yaitu metode distribusi normal, distribusi gumbel, distribusi log normal dan distribusi log pearson III.

Distribusi Normal

Tabel 2.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Normal

No	Tahun	Curah hujan (Xi)	(Xi-Xrt)	(Xi-Xrt) ²	(Xi-Xrt) ³	(Xi-Xrt) ⁴
1	2017	122	9,80	96,04	941,192	9223,682
2	2016	118,00	5,80	33,64	195,112	1131,650
3	2015	76	-36,20	1310,44	-47437,928	1717252,994
4	2014	125	12,80	163,84	2097,152	26843,546
5	2013	125	12,80	163,84	2097,152	26843,546
6	2012	117	4,80	23,04	110,592	530,842
7	2011	118	5,80	33,64	195,112	1131,650
8	2010	109	-3,20	10,24	-32,768	104,858
9	2009	145	32,80	1075,84	35287,552	1157431,706

10	2008	80	-32,20	1036,84	-33386,248	1075037,186
11	2007	75,00	-37,20	1383,84	-51478,848	1915013,146
12	2006	155,00	42,80	1831,84	78402,752	3355637,786
13	2005	118,00	5,80	33,64	195,112	1131,650
14	2004	95,00	-17,20	295,84	-5088,448	87521.306
15	2003	105,00	-7,20	51,84	-373,248	2687,386
Jumlah		1683	0,00	7544,40	-18275,760	9377522,928
Rata-rata		112.20				
SD		23.21				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

a. Curah hujan rata – rata (X_{rt})

$$X_{rt} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1683}{15} = 112,20 \text{ mm}$$

b. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{7544.40}{15 - 1}} = 23,21 \text{ mm}$$

c. Hitung Nilai K dari tabel *Nilai Variabel Reduksi Gauss*

d. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun

$$X_T = X_{rt} + K_T \times S_x$$

$$X_2 = 112,20 + (0 \times 23,21) = 112,2 \text{ mm}$$

Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun

$$X_5 = 112,20 + (0.84 \times 23.21) = 131,70 \text{ mm}$$

e. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain di tabelkan.

Tabel 2.3 : Rekapitulasi Perhitungan curah hujan rencana Metode Distribusi Normal

No	X_{rt}	Sd	KT	(X_T)	Periode Ulang
1	112,20	23,21	0	112,20	2
2	112,20	23,21	0,84	131,70	5
3	112,20	23,21	1,28	141,91	10
4	112,20	23,21	1,71	151,89	25
5	112,20	23,21	2,05	159,78	50
6	112,20	23,21	2,33	166,28	100

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Distribusi Gumbel

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana dengan metode gumbel yaitu data curah hujan rata-rata, dengan langkah – langkah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Gumbel

No	Tahun	Curah hujan (Xi)	(Xi - Xrt)	(Xi - Xrt) ²
1	2017	122	9,80	96,04
2	2016	118	5,80	33,64
3	2015	76	-36,20	1310,44
4	2014	125	12,80	163,84
5	2013	125	12,80	163,84
6	2012	117	4,80	23,04
7	2011	118	5,80	33,64
8	2010	109	-3,20	10,24
9	2009	145	32,80	1075,84
10	2008	80	-32,20	1036,84
11	2007	75	-37,20	1383,84
12	2006	155	42,80	1831,84
13	2005	118	5,80	33,64
14	2004	95	-17,20	295,84
15	2003	105	-7,20	51,84
Jumlah		1683	0,00	7544,40
Rata-rata		112,20		
SD		23,21		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Perhitungan X_a

$$X_a = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1683}{15} = 112,20 \text{ mm}$$

2. Perhitungan standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{7544,40}{15 - 1}} = 23,21 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Kt (2 tahun)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{0,3668 - 0,5128}{1,0206} = -0,1431$$

4. Perhitungan hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$X_2 = X_a + S_d \times k$$

$$= 112,2 + (23,21 \times -0,1431) = 108,88 \text{ mm}$$

5. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain di tabelkan.

Tabel 2.5 Rekapitulasi Perhitungan curah hujan rencana Metode Gumbel

No	T	S _n	Y _n	Y _t	Y _t -Y _n	k	XT(mm)
1	2	3	4	5	6=5-4	7=6/3	7
1	2	1,0206	0,5128	0,3668	-0,1460	-0,1431	108,880
2	5	1,0206	0,5128	1,5004	0,9876	0,9677	134,660
3	10	1,0206	0,5128	2,2510	1,7382	1,7031	151,729
4	25	1,0206	0,5128	3,1993	2,6865	2,6323	173,295
5	50	1,0206	0,5128	3,9028	3,39	3,3216	189,294
6	100	1,0206	0,5128	4,6001	4,0873	4,0048	205,151

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Distribusi Log Normal

Tabel 2.6 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Log Normal

No	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	Log X	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X) ²
1	2	3	4	5	6	7
1	2017	122	2,086	2,0407	0,046	0,00208
2	2016	118	2,072	2,0407	0,031	0,00097
3	2015	76	1,881	2,0407	-0,160	0,02557
4	2014	125	2,097	2,0407	0,056	0,00316
5	2013	125	2,097	2,0407	0,056	0,00316
6	2012	117	2,068	2,0407	0,027	0,00075
7	2011	118	2,072	2,0407	0,031	0,00097
8	2010	109	2,037	2,0407	-0,003	0,00001
9	2009	145	2,161	2,0407	0,121	0,01455
10	2008	80	1,903	2,0407	-0,138	0,01895
11	2007	75	1,875	2,0407	-0,166	0,02745
12	2006	155	2,190	2,0407	0,150	0,02238
13	2005	118	2,072	2,0407	0,031	0,00097
14	2004	95	1,978	2,0407	-0,063	0,00397
15	2003	105	2,021	2,0407	-0,020	0,00038
Jumlah		1683	30,611			0,12532

Rata-rata		112,20				
SD		23,21				
Log Xrt		2,0407				
Sd LogX		0,09461				

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Perhitungan Log Xrt

$$\text{Log Xrt} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log Xi}}{n} = \frac{30,611}{15} = 2,0407 \text{ mm}$$

2. Perhitungan standar deviasi

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log X} - \text{Log Xrt})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,12532}{15-1}} = 0,09461$$

3. Tentukan nilai KT

4. Perhitungan logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\begin{aligned} \text{Log X}_2 &= \text{Log Xrt} + \text{KT} \times \text{SlogX} \\ &= 2,0407 + (0 \times 0,9461) \\ &= 2,0407 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{XT} = 109,83 \text{ mm}$$

5. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain di tabelkan

Tabel 2.7 Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi LogNormal

No	T	KT	Sd Log X	Log Xrt	XT(mm)
1	2	3	4	5	6
1	2	0	0,09461	2,0407	109,83
2	5	0,84	0,09461	2,1202	131,89
3	10	1,28	0,09461	2,1618	145,16
4	25	1,71	0,09461	2,2025	159,41
5	50	2,05	0,09461	2,2347	171,67
6	100	2,33	0,09461	2,2612	182,47

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Distribusi Log Pearson III

Tabel 2.8 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

No	Tahun	Xi	Log Xi	Log X	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2017	122	2,086	2,2872	-0,201	0,04034	-0,00810
2	2016	118	2,072	2,2872	-0,215	0,04636	-0,00998
3	2015	76	1,881	2,2872	-0,406	0,16515	-0,06711
4	2014	125	2,097	2,2872	-0,190	0,03621	-0,00689
5	2013	125	2,097	2,2872	-0,190	0,03621	-0,00689
6	2012	117	2,068	2,2872	-0,219	0,04797	-0,01051
7	2011	118	2,072	2,2872	-0,215	0,04636	-0,00998
8	2010	109	2,037	2,2872	-0,250	0,06239	-0,01558
9	2009	145	2,161	2,2872	-0,126	0,01583	-0,00199
10	2008	80	1,903	2,2872	-0,384	0,14754	-0,05667
11	2007	75	1,875	2,2872	-0,412	0,16986	-0,07001
12	2006	155	2,190	2,2872	-0,097	0,00938	-0,00091
13	2005	118	2,072	2,2872	-0,215	0,04636	-0,00998
14	2004	95	1,978	2,2872	-0,309	0,09578	-0,02964
15	2003	105	2,021	2,2872	-0,266	0,07076	-0,01882
Jumlah		1683	30,611			1,03650	-0,32307
Rata-rata		112,20					
SD		23,21					
Log X			2,0407				
Sd LogX						0,27210	
Cs							-1,322

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Perhitungan Log Xrt

$$\text{Log Xrt} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log Xi}}{n} = \frac{30,611}{15} = 2,0407 \text{ mm}$$

2. Perhitungan standar deviasi

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log X} - \text{Log Xrt})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,03650}{15-1}} = 0,27210 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Cs

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\text{Log} X})^3} = \frac{15x(-0,323017)}{(15-1)(15-2)(0,27210)} = -1,322$$

4. Tentukan nilai G

Nilai G didapatkan dari nilai CS = -1,322 (kemencengan negatif)

5. Perhitungan hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\text{Log } X_2 = \text{Log } X_{rt} + G \times S_{\text{Log} X}$$

$$= 2,0407 + (0,21 \times 0,27210) = 2,097 \text{ mm,}$$

$$X_T = 125,278 \text{ mm}$$

6. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain di tabelkan.

Tabel 2.9 Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

No	T	G	Log X	Sd Log X	Log XT	XT (mm)
1	2	3	4	5	6	7
1	2	0,21	2,0407	0,27210	2,097874	125,278
2	5	0,38	2,0407	0,27210	2,268750	185,674
3	10	1,064	2,0407	0,27210	2,330244	213,916
4	25	1,240	2,0407	0,27210	2,378132	238,854
5	50	1,324	2,0407	0,27210	2,400988	251,761
6	100	1,383	2,0407	0,27210	2,417042	261,241

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan yang didapat, semua hasil curah hujan diuji dalam Analisa uji distribusi Probabilitas dengan menggunakan metode uji Chi-Kuadrat dan metode Smirnov Kolmogorof. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil curah hujan yang bisa digunakan untuk perhitungan intensitas curah hujan dan debit rencana.

Analisa Uji Distribusi Probabilitas

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing – masing jenis distribusi seperti berikut:

Uji Chi-Kuadrat

Langkah Perhitungan :

1. Data hujan diurut dari besar ke kecil

Tabel 2.10 Pengurutan data hujan dari besar ke kecil

No	Hujan Maximum (mm)	Peringkat (m)
1	155	1
2	145	2
3	125	3
4	125	4
5	122	5
6	118	6
7	118	7
8	118	8
9	117	9
10	109	10
11	105	11
12	95	12
13	80	13
14	76	14
15	75	15

(Sumber : Hasil Perhitungan)

2. Menghitung jumlah kelas

- Jumlah data (n) = 15
- Kelas distribusi (K) = $1 + 3,3 \log n$
 $= 1 + 3,3 \log 15$
 $= 4,88 \approx 5$

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan χ^2_{cr}

- Parameter (p) = 2
- Derajat kebebasan (Dk) = $K - (p + 1) = 5 - (2 + 1) = 2$
- Nilai χ^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 15, $\alpha = 5\%$ dan Dk = 2 adalah 5,991

4. Menghitung kelas distribusi

- Kelas distribusi = $\frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$, interval distribusi adalah 20%, 40%, 60% dan 80%.
- $P_{(x)} = 20\%$ diperoleh $T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0.20} = 5$ tahun
- $P_{(x)} = 40\%$ diperoleh $T = 2,5$ tahun
- $P_{(x)} = 60\%$ diperoleh $T = 1,67$ tahun
- $P_{(x)} = 80\%$ diperoleh $T = 1,25$ tahun

5. Menghitung Interval Kelas

a. Distribusi Probabilitas Normal

Nilai KT berdasarkan nilai T, didapat :

- T = 5 maka KT = 0,84
- T = 2,5 maka KT = 0,25
- T = 1,67 maka KT = -0,25
- T = 1,25 maka KT = -0,84

Interval kelas : $XT = X_{rt} + KT \times S$

Tabel 2.11 Perhitungan curah hujan rencana untuk interval kelas distribusi normal

No	T	Xrata-rata	Sd	KT	(XT)
1	2	3	4	5	6=3+(4x5)
1	5	112,20	23,21	0,84	131,70
2	2,5	112,20	23,21	0,25	118,00
3	1,67	112,20	23,21	-0,25	106,40
4	1,25	112,20	23,21	-0,84	92,70

(Sumber : Hasil Perhitungan)

b. Metode Gumbel

Nilai KT berdasarkan nilai T didapat :

- T = 5 maka KT = 0,84
- T = 2,5 maka KT = 0,25
- T = 1,67 maka KT = -0,25
- T = 1,25 maka KT = -0,84

Interval kelas : $XT = X_{rt} + KT \times S$

Tabel 2.12 Perhitungan Curah Hujan rencana interval kelas distribusi gumbel

No	T	X	Sd	Yn	Sn	Yt	k	(XT)
1	2	3	4	5	6	7	7=5/3	8
1	5	112,20	23,21	0,5128	1,0206	1,4999	0,9672	134,652
2	2,5	112,20	23,21	0,5128	1,0206	0,6717	0,1557	115,814
3	1,67	112,20	23,21	0,5128	1,0206	0,0907	-0,4136	102,599
4	1,25	112,20	23,21	0,5128	1,0206	-0,4759	-0,9687	89,712

(Sumber : Hasil Perhitungan)

c. Metode Log Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T , didapat :

- $T = 5$ maka $K_T = 0,84$
- $T = 2,5$ maka $K_T = 0,25$
- $T = 1,67$ maka $K_T = -0,25$
- $T = 1,25$ maka $K_T = -0,84$

Interval kelas : $X_T = X_{rt} + K_T \times S$

Tabel 2.13 Perhitungan curah hujan rencana interval kelas distriusi log normal

No	T	K_T	Sd Log X	Log X_T	(X_T) mm
1	2	4	5	6	7
1	5	0,84	0,09461	2,1202	131,89
2	2,5	0,25	0,09461	2,0644	115,98
3	1,67	-0,25	0,09461	2,0171	104,01
4	1,25	-0,84	0,09461	1,9613	91,47

(Sumber : Hasil Perhitungan)

d. Metode Log Pearson III

Nilai K_{Tr} dihitung berdasarkan nilai $C_s = 1,713$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang adalah :

- $T = 5$ maka $K_T = 0,844$
- $T = 2,5$ maka $K_T = 0,1975$
- $T = 1,67$ maka $K_T = -0,32208$
- $T = 1,25$ maka $K_T = -0,816$

Tabel 2.14 Perhitungan curah hujan rencana interval kelas distribusi log pearson III

No	T	K_T	Sd Log X	Log X_T	X_T Mm
1	2	3	5	6	7
1	5	0,844	0,27210	2,2704	186,37
2	2,5	0,1975	0,27210	2,0945	124,30
3	1,67	-0,32208	0,27210	1,9531	89,76
4	1,25	-0,816	0,27210	1,8187	65,87

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan Nilai χ^2

Tabel 2.15 Perhitungan nilai χ^2 untuk distribusi Normal

No	Interval	Ef	Oi	Oi-Ef	(Oi-Ef) ² /Ef
1	>131,70	3	2	-1	0,333
2	118,00-131,70	3	6	3	3,000
3	106,4-118,00	3	2	-1	0,333
4	92,7-106,40	3	2	-1	0,333
5	<92,70	3	3	0	0,000
		15	15	0	4,000

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\alpha = 0,05$$

Syarat; $\chi^2_{\text{terhitung}} < \chi_{\text{Cr}}$

$\chi_{\text{cr}} = 5,991$ (Tabel harga Distribusi χ_{cr})

$$\chi^2_{\text{terhitung}} = 16,00$$

$$= 4,000 < 5,991 \dots\dots \text{dapat diterima}$$

Table 2.16 Perhitungan nilai χ^2 untuk Metode Gumbel

No	Interval	Ef	Oi	Oi-Ef	(Oi-Ef) ² /Ef
1	>134,65	3	2	-1	0,333
2	115,81-134,65	3	7	4	5,333
3	102,59-115,81	3	2	-1	0,333
4	89,71-102,59	3	1	-2	1,333
5	<89,71	3	3	0	0,000
		15	15	0	7,333

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\alpha = 0,05$$

Syarat; $\chi^2_{\text{terhitung}} < \chi_{\text{Cr}}$,

$\chi_{\text{cr}} = 5,991$ (Tabel harga Distribusi χ_{cr})

$$\chi^2_{\text{terhitung}} = 10,667$$

$$= 7,333 > 5,991 \dots\dots \text{Tidak dapat diterima}$$

Table 2.17 Perhitungan nilai χ^2 untuk distribusi Log Normal

No	Interval	Ef	Oi	Oi-Ef	(Oi-Ef) ² /Ef
1	>131,89	3	2	-1	0,333
2	115,98-131,89	3	7	4	5,333
3	104,01-115,98	3	2	-1	0,333
4	91,47-104,01	3	1	-2	1,333
5	<91,47	3	3	0	0,000
		15	15	0	7,333

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\alpha = 0,05$$

Syarat; $X^2_{\text{terhitung}} < X_{\text{Cr}}$,

$$X_{\text{cr}} = 5,991 \text{ (Tabel harga Distribusi } X_{\text{cr}} \text{)}$$

$$X^2_{\text{terhitung}} = 4,00$$

$$= 7,333 > 5,991 \text{Tidak dapat diterima}$$

Tabel 2.18 Perhitungan nilai χ^2 untuk Log Pearson III

No	Interval	Ef	Oi	Oi-Ef	(Oi-Ef) ² /Ef
1	>186,37	3	0	-3	3,000
2	124,3-186,37	3	4	1	0,333
3	89,76-124,3	3	8	5	8,333
4	65,87-89,76	3	3	0	0,000
5	<65,87	3	0	-3	3,000
		15	15	0	14,667

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\alpha = 0,05$$

Syarat; $X^2_{\text{terhitung}} < X_{\text{Cr}}$,

$$X_{\text{cr}} = 5,991 \text{ (Tabel harga Distribusi } X_{\text{cr}} \text{)}$$

$$X^2_{\text{terhitung}} = 4,00$$

$$= 14,667 > 5,991 \text{Tidak dapat diterima}$$

Tabel 2.19 Tabel Resume nilai $X^2_{\text{terhitung}}$ dengan X^2_{cr}

No	Distribusi Probabilitas	$X^2_{\text{terhitung}}$	X^2_{kritis}	Selisih	Keterangan
1	Normal	4,000	5,991	1,991	Diterima
2	Gumbel	7,333	5,991	-1,342	tidak
3	Log Normal	7,333	5,991	-1,342	tidak
4	Log Pearson III	14,667	5,991	-8,676	tidak

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat, metode yang memenuhi yaitu metode Normal karena mempunyai selisih paling kecil dari X^2 kritis, sehingga metode Normal dapat diterima dari pengujian analisa distribusi probabilitas. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan metode Smirnov Kolmogorof.

Uji Smirnov Kolmogorof

a. Distribusi Normal

Tabel 2.20 Metode normal untuk uji sm inrov kolmogorof

No	Urut dari besar ke kecil	P (Xi)	f (t)	Luas dibawah kurva normal	P' (Xi)	Δ P
1	2	3	4	5	6	7= 6-3
1	155	0,063	1,84	0,9671	0,0329	-0,0296
2	145	0,125	1,41	0,9207	0,0793	-0,0457
3	125	0,188	0,55	0,7088	0,2912	0,1037
4	125	0,250	0,55	0,7088	0,2912	0,0412
5	122	0,313	0,42	0,6628	0,3372	0,0247
6	118	0,375	0,25	0,5987	0,4013	0,0263
7	118	0,438	0,25	0,5987	0,4013	-0,0362
8	118	0,500	0,25	0,5987	0,4013	-0,0987
9	117	0,563	0,21	0,5832	0,4168	-0,1457
10	109	0,625	-0,14	0,4443	0,5557	-0,0693
11	105	0,688	-0,31	0,3783	0,6217	-0,0658
12	95	0,750	-0,74	0,2296	0,7704	0,0204
13	80	0,813	-1,39	0,0823	0,9177	0,1052
14	76	0,875	-1,56	0,0594	0,9406	0,0656
15	75	0,938	-1,60	0,0546	0,9454	0,0079
Xrt	112,20					
SD	23,21					
MAX						0,1052

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan tabel 2.20 :

- Kolom (1) = nomor urut data
- Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull)
- Kolom (4) = mencari f(t), contoh kolom (4) baris (1)

$$f(t) = \frac{X_i - X_{rt}}{s} = \frac{155,00 - 112,20}{23,21} = 1,84$$

- Kolom (5) = luas dibawah kurva dilihat dari hasil nilai f(t)
- Kolom (6) = peluang teoritis = 1 – luas dibawah kurva, contoh kolom (4) baris (1) = 1 – 0,9671 = 0,0329
- Kolom (7) = kolom (6) – kolom (3)

Syarat Pengujian Smirnov :

Δp kritis untuk 15 tahun = 0.338

Δp max < Δp kritis

0,1052 < 0,338.....dapat diterima

b. Distribusi Gumbel

Table 2.21 Metode gumbel untuk uji smirnov kolmogorof

No (Xi)	Urut dari besar	P (Xi)	f (t)	Yn	Sn	Yt	T	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10- 9-3
1	155	0,063	1,84	0,5128	1,0206	2,394	11,4	0,087	0,024
2	145	0,125	1,41	0,5128	1,0206	1,954	7,57	0,132	0,007
3	125	0,188	0,55	0,5128	1,0206	1,075	3,46	0,289	0,101
4	125	0,250	0,55	0,5128	1,0206	1,075	3,46	0,289	0,039
5	122	0,313	0,42	0,5128	1,0206	0,943	3,10	0,322	0,009
6	118	0,375	0,25	0,5128	1,0206	0,767	2,69	0,371	-0,003
7	118	0,438	0,25	0,5128	1,0206	0,767	2,69	0,371	-0,066
8	118	0,500	0,25	0,5128	1,0206	0,767	2,69	0,371	-0,128
9	117	0,563	0,21	0,5128	1,0206	0,723	2,60	0,384	-0,178
10	109	0,625	-0,14	0,5128	1,0206	0,372	2,00	0,498	-0,126
11	105	0,688	-0,31	0,5128	1,0206	0,196	1,78	0,560	-0,127
12	95	0,750	-0,74	0,5128	1,0206	-0,243	1,4	0,714	-0,035
13	80	0,813	-1,39	0,5128	1,0206	-0,902	1,1	0,909	0,096
14	76	0,875	-1,56	0,5128	1,0206	-1,078	1,1	0,909	0,034
15	75	0,938	-1,60	0,5128	1,0206	-1,122	1,05	0,952	0,014
Xrt	112,2								
SD	23,21								
MAX	0,101								

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan tabel 2.21 :

- Kolom (1) = nomor urut data
- Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (3) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull)
- Kolom (4) = mencari f(t), contoh kolom (4) baris (1)

$$f(t) = \frac{X_i - X_a}{S_x} = \frac{155.00 - 112.2}{23.21} = 1,84$$

- Kolom (5) = nilai *Reduced Variance* berdasarkan jumlah hujan (n)
- Kolom (6) = nilai *Standard Deviation* berdasarkan jumlah hujan (n)
- Kolom (7) = nilai *Reduced Mean* berdasarkan persamaan $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$ didapatkan nilainya = 3,7581
- Kolom (8) = berdasarkan persamaan $Y_t = -Ln \cdot -Ln^{\frac{T-1}{T}}$ atau interpolasi untuk $Y_t = 2,3945$ didapatkan nilai $T = 11,47$
- Kolom (9) = peluang teoritis = $1/T$, contoh kolom (9) baris (1) = $1 / 11,47 = 0,0872$
- Kolom (10) = kolom (9) – kolom (3)

Syarat Pengujian Smirnov :

$\Delta p_{max} < \Delta p_{kritis}$

$0,1015 < 0,338...$ dapat diterima

c. Distribusi Log Normal

Tabel 2.22 Metode log normal untuk uji smirnov kolmogorof

No (Xi)	Urut besar ke kecil	Log(Xi)	P (Xi)	f (t)	Luas dibawah kurva normal	P' (Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	8= 7-4
1	155	2,1903	0,063	1,58	0,9429	0,0571	-0,0054
2	145	2,1614	0,125	1,28	0,8997	0,1003	-0,0247
3	125	2,0969	0,188	0,59	0,7224	0,2776	0,0901
4	125	2,0969	0,250	0,59	0,7224	0,2776	0,0276
5	122	2,0864	0,313	0,48	0,6844	0,3156	0,0031
6	118	2,0719	0,375	0,33	0,6293	0,3707	-0,0043
7	118	2,0719	0,438	0,33	0,6293	0,3707	-0,0668
8	118	2,0719	0,500	0,33	0,6293	0,3707	-0,1293
9	117	2,0682	0,563	0,29	0,6141	0,3859	-0,1766
10	109	2,0374	0,625	-0,03	0,4641	0,5359	-0,0891
11	105	2,0212	0,688	-0,21	0,4168	0,5832	-0,1043
12	95	1,9777	0,750	-0,67	0,2514	0,7486	-0,0014
13	80	1,9031	0,813	-1,45	0,0735	0,9265	0,1140
14	76	1,8808	0,875	-1,69	0,0455	0,9545	0,0795

15	75	1,8751	0,938	-1,75	0,0401	0,9599	0,0224
Log Xrt	2,0407						
SD logx	0,04961						
MAX	0,1140						

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan Tabel 2.22 :

- Kolom (1) = nomor urut data
- Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (3) = nilai log hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (4) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull)
- Kolom (5) = mencari f(t), contoh kolom (5) baris (1)

$$f(t) = \frac{\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt}}{S_{\text{log}X}} = \frac{2,903 - 2,0407}{0,09461} = 1,28$$

- Kolom (6) = luas dibawah kurva dilihat dari hasil nilai f(t)
- = peluang teoritis = 1 – luas dibawah kurva, contoh kolom (7) baris (1) = 1 – 0,9429 = 0,0571
- Kolom (8) = kolom (7) – kolom (4)

Syarat Pengujian Smirnov :

$\Delta p_{\text{max}} < \Delta p_{\text{kritis}}$

0,1140 < 0,338... dapat diterima

d. Distribusi Log Person III

Tabel 2.23 Metode log person III untuk uji smirnov kolmogorof

No (Xi)	Urut dari besar ke kecil	Log(Xi)	P (Xi)	f (t)	P' (Xi)	Δ P
1	2	3	4	5	6	7= 6-4
1	155	2,1903	0,063	0,55	0,0362	-0,0987
2	145	2,1614	0,125	0,44	0,0311	-0,1561
3	125	2,0969	0,188	0,21	0,0197	-0,2072
4	125	2,0969	0,250	0,21	0,0197	-0,2697
5	122	2,0864	0,313	0,17	0,0196	-0,3321
6	118	2,0719	0,375	0,11	0,0192	-0,3558
7	118	2,0719	0,438	0,11	0,0192	-0,4183
8	118	2,0719	0,500	0,11	0,0192	-0,4808

9	117	2,0682	0,563	0,10	0,0191	-0,5434
10	109	2,0374	0,625	-0,01	0,0136	-0,6114
11	105	2,0212	0,688	-0,07	0,0135	-0,6740
12	95	1,9777	0,750	-0,23	0,0133	-0,7367
13	80	1,9031	0,813	-0,51	0,0128	-0,7997
14	76	1,8808	0,875	-0,59	0,0127	-0,8623
15	75	1,8751	0,938	-0,61	0,0000	-0,9375

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Keterangan Tabel 2.23 :

- Kolom (1) = nomor urut data
- Kolom (2) = data hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (3) = nilai log hujan diurut dari besar ke kecil (mm)
- Kolom (4) = peluang empiris (dihitung dengan persamaan Weibull)
- Kolom (5) = mencari $f(t)$, contoh kolom (5) baris (1)

$$f(t) = \frac{\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt}}{\text{Slog}X} = \frac{2,1903 - 2,0407}{0,27210} = 0,55$$

- Kolom (6)= ditentukan berdasarkan nilai C_s dan K_{Tr} , contoh kolom (6) baris (1) untuk nilai $C_s = 1,3$ diperoleh persentase peluang teoritis terlampaui $P'(X_i)$ dengan cara interpolasi
- Kolom (7)= kolom (6) – kolom (4)

Syarat Pengujian Smirnov :

$\Delta p \text{ max} < \Delta p \text{ kritis}$

$-0,0987 < 0,338...$ Dapat diterima

Tabel 2.24 Resume uji Smirnov Kolmogrof

No	Distribusi Probabilitas	Δp terhitung	Δp kritis	Keterangan
1	Normal	0,1052	0,338	Diterima
2	Gumbel	0,1015	0,338	Diterima
3	Log Normal	0,1140	0,338	Diterima
4	Log Pearson	-0,0987	0,338	Diterima

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan uji smirnov kolmogorof pada tabel 2.24, metode yang memenuhi yaitu metode log normal karena mempunyai selisih paling kecil dari Δp Kritis, sehingga metode Log Normal dapat diterima dari pengujian analisa distribusi probabilitas.

Tabel 2.25 Rekapitulasi Uji Analisa Distribusi Probabilitas

No	Distribusi Probabilitas Chi Kuadrat	Keterangan	Distribusi Probanilitas Smirnov Kolmogorof	Keterangan
1	Normal	Diterima	Normal	Diterima
2	Gumbel	Tidak	Gumbel	Diterima
3	Log Normal	Tidak	Log Normal	Diterima
4	Log Pearson III	Tidak	Log Pearson III	Diterima

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah di uji dengan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov perhitungan distribusi probabilitas dari beberapa metode yang dapat diterima untuk perhitungan debit banjir rencana adalah Metode Normal karena memenuhi syarat selisih paling kecil dari nilai kritis.

Tabel 2.26 Tabel Distribusi Probabilitas yang di gunakan untuk debit banjir

No	Periode Ulang (T)	KT	Sx	XT(mm)
1	2	0	23,21	112,2
2	5	0,84	23,21	131,7
3	10	1,28	23,21	141,91
4	25	1,71	23,21	151,89
5	50	2,05	23,21	159,78
6	100	2,33	23,21	166,28

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisa Intensitas Curah Hujan

Intesitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.(Suripin,2004). Intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus MONONOBE. Tetapi untuk menyelesaikan langkah perhitungan dengan metode mononobe, dilakukan langkah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left(\frac{0,87 \times 10,29^2}{1000 \times 0,13} \right)^{0,385} \\
 &= 0,875 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Langkah perhitungan:

$$R_2 = 112,2 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,875 \text{ jam}$$

Menghitung intensitas hujan

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } I &= \left(\frac{112,2}{24} \right) \times \left(\frac{24}{0,875} \right)^{2/3} \\
 &= 42,519 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai waktu konsentasi (t_c) sebesar 0.875 jam dan waktu konsentrasi tersebut di pergunkan untuk menghitung intensitas hujan dengan menggunakan rumus Mononobe sehingga didapatkan intensitas curah hujan sebesar 42,519 mm/jam

Menentukan Koefisien Tata Guna Lahan

Dari hasil digitasi menggunakan software arcgis,di dapat kenaikan dan penurunan penggunaan lahan setiap unsur yang dapat dilihat pada tabel 2.27

Tabel 2.27 Penggunaan Lahan 2007-2018

Penggunaan Lahan	Luasan 2007 (A)	Luasan 2017 (A)	Selisih
Lahan kosong	0,843	0,454	0,38 (-)
Semak/belukar	1,918	0,994	0,92 (-)
Hutan	16,8	14,77	2,03 (-)
Pertanian lahan kering	0,76	1,056	0,29 (+)
Sawah	0,98	1,627	0,64 (+)
Pertanian lahan kering+semak	0,76	1,281	0,52 (+)
Permukiman	1,884	3,377	1,49 (+)
Industri	1,28	1,851	0,57 (+)

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat selisih unsur lahan dari tahun 2007-2017 sehingga untuk perhitungan selajutnya dapat dilakukan dengan perhitungan koefisien aliran permukaan dari tahun 2007-2017.

Koefisien tata guna lahan tahun 2007

Berdasarkan analisis data yang dilakukan maka didapatkan koefisien sub daslubuk paraku seperti berikut

Tabel 2.28 Koefisien Tata Guna Lahan 2007

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (A) (KM²)	KOEFISIEN (C)	C.A
Lahan Kosong	0,843	0,85	0,1686
Semak/Belukar	1,918	0,07	0,5754
Hutan	16,8	0,02	5,04
Pertanian Lahan Kering	0,76	0,1	0,38
Sawah	0,9808	0,15	0,0098
Pertanian Lahan Kering +semak	0,76	0,1	0,1444
Permukiman	1,8841	0,6	1,789
Industri	1,28	0,8	1,024
Total	25		9,1312
C.s.das		0,365	
Intensitas		42,519	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Koefisien tata guna lahan tahun 2017

Berdasarkan analisis data yang dilakukan maka didapatkan koefisien sub das Lubuk Paraku seperti berikut:

Tabel 2.29 Koefisien Tata Guna Lahan 2017

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (A) (KM²)	KOEFISIEN (C)	C.A
Lahan Kosong	0,454	0,85	0,0908
Semak/Belukar	0,9948	0,07	0,29844
Hutan	14,77	0,02	4,431
Pertanian Lahan Kering	1,056	0,1	0,528
Sawah	1,6276	0,15	0,016
Pertanian Lahan Kering +semak	1,2815	0,1	0,243
Permukiman	3,377	0,6	3,208
Industri	1,851	0,8	1,4808
Total	25	3,25	10,296
C.s.das		0,4118	
Intensitas		42,519	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan koefisien Sub DAS Lubuk Paraku dari tahun 2007 ke tahun 2017 mendapatkan peningkatan sebesar 0,0468. Dengan adanya peningkatan tersebut, maka debit juga akan mengalami peningkatan.

Menentukan Perubahan debit tahun 2007 dan 2017

Perubahan debit tata guna lahan tahun 2007

Berdasarkan dari perhitungan debit yang didapatkan akibat perubahan tataguna lahan pada tahun 2007

Tabel 2.30 Debit tata guna lahan tahun 2007

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (A) (KM²)	KOEFISIEN (C)	C.A	Debit 2007
				M³/detik
Lahan Kosong	0,843	0,85	0.1686	1.993

Semak/Belukar	1,918	0,07	0,5754	6,801
Hutan	16,8	0,02	5,04	59,57
Pertanian Lahan Kering	0,76	0,1	0,38	4,491
Sawah	0,9808	0,15	0,0098	0,115
Pertanian Lahan Kering+semak	0,76	0,1	0,1444	1,706
Permukiman	1,8841	0,6	1,789	21,157
Industri	1,28	0,8	1,024	12,1
Total	25		9,1312	107,933
C.das	0,365			
Intensitas	42,519			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perubahan debit tata guna lahan tahun 2017

Berdasarkan dari perhitungan debit yang didapatkan akibat perubahan tataguna lahan pada tahun 2017

Tabel 2.31 Debit Tata Guna Lahan 2017

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (A) (KM ²)	KOEFSIEN (C)	C.A	Debit 2017
				M ³ /Detik
Lahan Kosong	0,454	0,85	0,0908	1,073
Semak/Belukar	0,9948	0,3	0,29844	3,527
Hutan	14,77	0,3	4,431	52,37
Pertanian Lahan Kering	1,056	0,5	0,528	6,241
Sawah	1,6276	0,01	0,016	0,192
Pertanian Lahan Kering +semak	1,2815	0,19	0,243	2,735
Permukiman	3,377	0,95	3,208	37,92
Industri	1,851	0,8	1,4808	17,503
Total	25		10,296	121,561
C.das	0,4118			
Intensitas	42,519			

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perbandingan debit tahun 2007 dengan 2017

Tabel 2.32 Perbandingan debit yang didapatkan

Penggunaan Lahan	Debit 2007 (m ³ /detik)	Debit 2017 (m ³ /detik)	Selisih (m ³ /detik)
Lahan Kosong	1,993	1,073	0,92
Semak Belukar	6,801	3,527	3,274
Hutan	59,57	52,37	7,2
Pertanian Lahan Kering	4,491	6,241	-1,75
Sawah	0,115	0,192	-0,077
Pertanian Lahan kering + Semak	1,706	2,735	-1,029
Permukiman	21,157	37,92	-16,763
Industri	12,1	17,503	-5,403
Total	107,933	121,561	13,628

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan dari analisa data yang dilakukan maka didapatkan besaran debit pada tahun 2017 lebih besar dari pada besaran debit tahun 2007. Pada tahun 2007 debit total yang terjadi sebesar 107,933 m³/det sedangkan pada tahun 2017 besaran debit yang didapatkan 121,561m³/det, sehingga dari kedua perbandingan tersebut debit yang menimbulkan banjir sebesar 13,628 m³/det.

Analisa Debit Rencana Dengan Metode Rasional

Analisa Debit rencana Tahun 2007

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi adalah debit aliran. Selama aliran sungai kecil angkutan sedimen juga kecil sedangkan pada saat debit sungai besar, sungai tersebut akan mengangkut sedimen yang cukup besar dengan ukuran sedimen dalam kisaran diameter yang lebih besar. Oleh karena itu debit aliran yang dipilih dalam menetapkan volume sedimen yang digunakan debit dominan yang besarnya berkisar antara debit tahunan sampai debit 2 tahunan.

Untuk menentukan jumlah sedimentasi yang terangkut maka langkah awal yang digunakan menentukan Debit Rencana. Debit rencana dapat digunakan menggunakan Metode Rasional.

Data Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Luas daerah pengaliran (A)} &= 25 \text{ km}^2 \\ \text{Panjang sungai utama (L)} &= 10,29 \text{ km} \\ \text{Kemiringan sungai (S)} &= 0,067\end{aligned}$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung nilai nilai L'

$$L' = 0,9 \times L = 0,9 \times 10,29 = 9,26 \text{ km} = 9260 \text{ m}$$

2. Hitung nilai S'

$$S' = 20\% \times S = 20\% \times 0,067 = 0,0134$$

3. Hitung kecepatan (V)

$$V = 72 (S')^{0.6} = 72 (0,0134)^{0.6} = 5,414 \text{ km/jam}$$

4. Hitung nilai debit (Q_2)

$$Q_2 = 0,278 \cdot C.I.A = 0,278 \cdot 0,365 \cdot 42,519 \cdot 25 = 107,86 \text{ m}^3/\text{det}$$

Analisa Debit Rencana Tahun 2017

Untuk menentukan jumlah sedimentasi yang terangkut maka langkah awal yang digunakan menentukan Debit Rencana. Debit rencana dapat digunakan menggunakan metode Metode Rasional.

Data Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Luas daerah pengaliran (A)} &= 25 \text{ km}^2 \\ \text{Panjang sungai utama (L)} &= 10,29 \text{ km} \\ \text{Kemiringan sungai (S)} &= 0,067\end{aligned}$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung nilai nilai L'

$$L' = 0,9 \times L = 0,9 \times 10,29 = 9,26 \text{ km} = 9260 \text{ m}$$

2. Hitung nilai S'

$$S' = 20\% \times S = 20\% \times 0,067 = 0,0134$$

3. Hitung kecepatan (V)

$$V = 72 (S')^{0.6} = 72 (0,0134)^{0.6} = 5,414 \text{ km/jam}$$

4. Hitung nilai debit (Q_2)

$$Q_2 = 0,278. C.I.A = 0,278 * 0,4118 * 42,519 * 25 = 121,68 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari hasil Perhitungan diatas debit yang didapatkan pada 2007 sebesar 107,86 m³/detik. Dan pada tahun 2017 didapatkan sebesar 121,68 m³/detik. Sehingga debit mengalami peningkatan sebesar 13,82 m³/detik.

Tabel 2.33 Perhitungan Berat Jenis Sedimen

No. Piktometer	Hasil
Berat Piktometer (W1)	166,2
Berat Piktometer + Tanah Kering (W2)	332,6
Berat Tanah Kering (wt=w2-w1)	166,4
Berat Piktometer + Air(w4)	675,6
Temperatur (0c)	29 ^o c
Faktor Koreksi Temperatur	0,9989
Berat Piktometer + Air Terkoreksi (w5)	674,85
Berat Jenis (w2-w1)[(w5-w1)-(w3-w2)]	2,33

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Langkah perhitungan untuk benda uji 1 :

- 1) Berat piknometer (W1) = 166,2 Gram
- 2) Berat piknometer + tanah kering (W2) = 332,6 Gram
- 3) Berat tanah kering (Wt)

$$Wt = W2 - W1 = 332,6 - 166,2 = 166,4$$
- 4) Berat piknometer + tanah kering + air (W3) = 769,9 gram
- 5) Berat piknometer + air (W4) = 675,6
- 6) Temperatur = 29^oC → faktor koreksi = 0,9989
- 7) Berat piknometer + air terkoreksi (W5)

$$W5 = W4 \times \text{Faktor koreksi} = 675,6 \times 0,9989 = 674,85$$
- 8) Berat jenis sedimen

$$Bj = \frac{Wt}{(W5-W1)-(W3-W2)}$$

$$= \frac{166,4}{(674,85-166,2)-(769,9-332,6)} = 2,33$$

Perhitungan diatas adalah hasil perhitungan dari pengujian sampel sedimentasi yang dilakukan pada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bung Hatta. Dari hasil pengujian tersebut dilakukan beberapa metode untuk mendapatkan hasil berat jenis angkutan sedimen, seperti analisa saringan dan pengukuran dengan menggunakan tabung piknometer. Setelah dilakukan pengujian maka berat jenis angkutan sedimen sebesar 2.33. Selanjutnya hasil dari analisa saringan bisa dilihat pada tabel 4.33

Tabel 2.34 Analisa Saringan

Ukuran Saringan		Berat Masing-masing Tertinggal	Jumlah Berat Tertinggal	% jumlah tertahan komulatif	% jumlah lolos komulatif
Inch	mm	gr	gr		
4	4,75	198,3	198	19,8	80,18
8	2,36	130,2	329	32,8	67,16
10	2	52,4	381	38,1	61,92
12	1,7	41,4	422	42,2	57,78
16	1,18	133,8	556	55,6	44,41
20	0,85	111,2	667	66,7	33,29
40	0,425	225	892	89,2	10,80
60	0,25	81,2	974	97,3	2,68
100	0,15	13,2	987	98,6	1,36
200	0,075	8,2	995	99,5	0,54
pan		5,4	1000	100,0	0,00

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Dari hasil pegujian analisa saringan maka didapat hasil grafik yang menunjukkan % jumlah ukuran butiran yang lolos pada saringan yang sudah ditentukan. Sehingga dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan hasil sesuai dengan gambar grafik yang sudah dilampirkan.

Menghitung kedalaman air (h)

Pada debit periode ulang 2 tahun pada tahun 2017

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times R^{2/3}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times R^{2/3}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} \rightarrow \text{nilai keduanya harus sama}$$

Data perhitungan :

$$b = 14 \text{ m}$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$K = 32$$

$$I = 0,0667$$

$$Q_{2\text{tahun}} = 121,56 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Langkah perhitungan untuk periode ulang 2 tahun :

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = \frac{(b \times h)^{5/3}}{(b + 2h)^{2/3}}$$

$$\frac{121,56}{32 \times 0,0667^{1/2}} = \frac{(14 \times 1,3)^{5/3}}{\{14 + (2 \times 1,3)\}^{2/3}}$$

$$19,35 = 19,35 \rightarrow \text{Oke}$$

Pada debit periode ulang 2 tahun pada tahun 2007

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times R^{2/3}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times R^{2/3}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = A \times \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}}$$

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} \rightarrow \text{nilai keduanya harus sama}$$

Data perhitungan :

$$b = 14 \text{ m}$$

$$h = 1,23 \text{ m}$$

$$K = 32$$

$$I = 0,0667$$

$$Q_{2\text{tahun}} = 107,933 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Langkah perhitungan untuk periode ulang 2 tahun :

$$\frac{Q}{K \times I^{1/2}} = \frac{(b \times h)^{5/3}}{(b + 2h)^{2/3}}$$

$$\frac{107,933}{32 \times 0,0667^{1/2}} = \frac{(14 \times 1,23)^{5/3}}{\{14 + (2 \times 1,23)\}^{2/3}}$$

$$17,75 = 17,75 \rightarrow \text{Oke}$$

Menentukan Besaran angkutan sedimen

Menentukan Besaran angkutan sedimen tahun 2007

a. Metode Yang's

Data Perhitungan :

$$D_{50} = 0,004265 \text{ ft}$$

$$g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 20,57 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4,04 \text{ ft}$$

$$S = 0,0667$$

$$\omega = 0,361 \text{ ft/sec}$$

$$\vartheta = 0,000008676 \text{ ft}^2/\text{sec}$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung U^*

$$\begin{aligned} U^* &= (g \cdot DS)^{\frac{1}{2}} \\ &= (32,2 \times 4,04 \times 0,0667)^{\frac{1}{2}} \\ &= 2,94 \text{ ft/sec} \end{aligned}$$

2. Hitung Re

$$\begin{aligned} Re &= \frac{U^* \times D_{50}}{\vartheta} \\ &= \frac{2,94 \times 0,004265}{0,000008676} \\ &= 15696,62 \end{aligned}$$

$$\text{Log Re} = 4,196$$

3. Hitung $\frac{V_{cr}}{\omega}$

$$\begin{aligned} \frac{V_{cr}}{\omega} &= \frac{2,5}{\log Re - 0,06} + 0,66 \\ &= \frac{2,5}{4,196 - 0,06} + 0,66 \\ &= 1,264 \end{aligned}$$

4. Hitung $\text{Log} \frac{\omega \times d}{\vartheta}$

$$\text{Log } \frac{\omega \times d}{g} = \log \frac{0,361 \times 0,004265}{0,000008676}$$

$$= 3,284$$

5. Hitung $\text{Log } \frac{U^*}{\omega}$

$$\text{Log } \frac{U^*}{\omega} = \log \frac{2,944}{0,361}$$

$$= 0,912$$

6. Hitung $\frac{V \times S}{\omega}$

$$\frac{V \times S}{\omega} = \frac{20,56 \times 0,0667}{0,361} = 3,8006$$

7. Hitung $\frac{V_{cr} \cdot S}{\omega}$

$$\frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} = 1,264 \times 0,0667 = 0,084341$$

8. Hitung $\text{Log } \left(\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} \right)$

$$\text{Log } \left(\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} \right) = \text{Log } (3,8006 - 0,084341)$$

$$= 0,570$$

9. Hitung $\text{Log } Ct$

$$\text{Log } Ct = 5,435 - 0,286(\text{Log } \frac{\omega \times d}{g}) - 0,456(\text{Log } \frac{U^*}{\omega}) + [1,799 - 0,409(\text{Log } \frac{\omega \times d}{g}) - 0,314(\text{Log } \frac{U^*}{\omega})](\text{Log } (\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr} \cdot S}{\omega}))$$

$$= 5,435 - 0,286(3,284) - 0,456(0,912) + [1,799 - 0,409(3,284) - 0,314(0,912)] \times$$

$$(0,570)$$

$$= 4,0837$$

$$Ct = 12126,1 \text{ ppm}$$

$$Ct = 2270,95 \text{ ton/tahun}$$

b. Metode Ackers dan White's

Data Perhitungan :

$$D50 = 0,004265 \text{ ft}$$

$$g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 20,57 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4,04 \text{ ft}$$

$$\vartheta = 0,000008676 \text{ ft/sec}$$

$$\gamma_s = 2.33 \text{ lb/ft}^3$$

$$\gamma_w = 1 \text{ lb/ft}^3$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung dgr

$$dgr = d \left[\frac{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)}{g^2} \right]^{1/3}$$

$$= 0.004265 \left[\frac{32.2 \left(\frac{2.33}{1} - 1 \right)}{0.000008676^2} \right]^{1/3} = 171.337$$

2. Hitung m

$$m = \frac{9.66}{dgr} + 1.34 = \frac{9.66}{171.337} + 1.34 = 1.396$$

3. Hitung A

$$A = \frac{0.23}{dgr^{1/2}} + 0.14 = \frac{0.23}{171.337^{1/2}} + 0.14 = 0.158$$

4. Hitung n

$$n = 1 - 0.56 \log dgr = 1 - 0.56 \log 171.337 = 0.251$$

5. Hitung C

$$C = 10^{[2.86 \log dgr - (\log dgr^2) - 3.53]}$$

$$= 10^{[2.86 \log 171.337 - (\log 171.337^2) - 3.53]} = 0.007$$

6. Hitung U*

$$U^* = 2.944 \text{ ft/sec}$$

7. Hitung Fgr

$$Fgr = \frac{U_*^n}{[g \times (d \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1)^{1/2}]^n} \times \left[\frac{V}{32.2 \times \log \alpha_d} \right]^{1-n}$$

$$= \frac{2.944^{0.251}}{[32.2 \times (0.004265 \frac{2.33}{1} - 1)^{1/2}]^n} \times \left[\frac{1}{32.2 \times \log 10 \frac{4.04}{0.004265}} \right]^{1-0.251}$$

$$= 1.595$$

8. Hitung Ggr

$$Ggr = C \left(\frac{Fgr}{A} - 1 \right)^m = 0.007 \left(\frac{1.595}{0.158} - 1 \right)^{1.396} = 0.162$$

9. Hitung X

$$X = \frac{Ggr \times d \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right)}{D \times \left(\frac{U_*}{V} \right)^n} = \frac{0.162 \times 0.004265 \times \left(\frac{2.33}{1} \right)}{4.04 \times \left(\frac{2.944}{20.57} \right)^{0.251}} = 0.00027$$

10. Hitung X ke Fluid Flux

$$X = 0.00027 \times 1000000 = 266 \text{ mg/lt}$$

$$X = 49.810 \text{ Ton/tahun}$$

c. Metode Engelund dan Hansen

Data Perhitungan :

$$D50 = 0.004265 \text{ ft}$$

$$g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 20.57 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4.04 \text{ ft}$$

$$S = 0,0667$$

$$W = 45.93 \text{ ft}$$

$$\gamma_s = 145.46 \text{ lb/ft}^3$$

$$\gamma_w = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung τ_0

$$\tau_0 = \gamma_w \times D \times s = 62,43 \times 4.04 \times 0,0667 = 16.805 \text{ lb/ft}^2$$

2. Hitung q_s

$$q_s = \frac{d50}{2} \left[\frac{\tau_0}{g(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1)} \right]^{0,05} \times \left[\frac{V}{(\gamma_s - \gamma_w)d50} \right]^{3/2} \times \left[\frac{0,582 \times 16.805}{(145.46 - 62,43) \times 0,004265} \right]^{3/2}$$

$$= 0,05 \times 155.30 \times 21.45^2 \times \left[\frac{0,004265}{32,2(\frac{145,46}{62,43} - 1)} \right]^{1/2} \times \left[\frac{0,582 \times 16.805}{(145.46 - 62,43) \times 0,004265} \right]^{3/2}$$

$$= 10033.854 \text{ lb/sec.ft}$$

3. Hitung Q_s

$$Q_s = W \times q_s = 45.93 \times 10033.854 = 460875.002 \text{ lb/sec}$$

4. Hitung G_w

$$G_w = \gamma_w \times W \times D \times S$$

$$= 62,43 \times 45.93 \times 4.04 \times 0,0667 = 237994 \text{ lb/sec}$$

5. Hitung C_s

$$C_s = \frac{Q_s}{G_w} \times 1000000$$

$$= \frac{460875.002}{237994} \times 1000000 = 1.936 \text{ mg/lt}$$

$$= 36266.327 \text{ ton/tahun}$$

Menentukan angkutan sedimen tahun 2017

a. Metode Yang's

Data Perhitungan :

$$D50 = 0.004265 \text{ ft}$$

$$g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 6.68 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4.27 \text{ ft}$$

$$S = 0,0667$$

$$\omega = 0.361 \text{ ft/sec}$$

$$\vartheta = 0.000008676 \text{ ft}^2/\text{sec}$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung U^*

$$\begin{aligned} U^* &= (g \cdot DS)^2^{\frac{1}{2}} \\ &= (32,2 \times 4.27 \times 0.0667)^2^{\frac{1}{2}} \\ &= 3.027 \text{ ft/sec} \end{aligned}$$

2. Hitung Re

$$\begin{aligned} Re &= \frac{U^* \times d}{\vartheta} \\ &= \frac{3.027 \times 0.004265}{0,000008676} \\ &= 16137.09 \end{aligned}$$

$$\text{Log Re} = 4.208$$

3. Hitung $\frac{V_{cr}}{\omega}$

$$\begin{aligned} \frac{V_{cr}}{\omega} &= \frac{2,5}{\log Re - 0,06} + 0,66 \\ &= \frac{2,5}{3,099 - 0,06} + 0,66 \\ &= 1.263 \end{aligned}$$

4. Hitung $\text{Log} \frac{\omega \times d}{\vartheta}$

$$\begin{aligned} \text{Log} \frac{\omega \times d}{\vartheta} &= \log \frac{0.230 \times 0.001772}{0,000008676} \\ &= 3.284 \end{aligned}$$

5. Hitung $\text{Log} \frac{U^*}{\omega}$

$$\begin{aligned}\text{Log } \frac{U^*}{\omega} &= \text{log } \frac{3.027}{0.361} \\ &= 0.924\end{aligned}$$

6. Hitung $\frac{V \times S}{\omega}$

$$\frac{V \times S}{\omega} = \frac{6.68 \times 0.0667}{0.361} = 4.050$$

7. Hitung $\frac{V_{cr} \cdot S}{\omega}$

$$\frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} = 1.263 \times 0.0667 = 0.084224$$

8. Hitung $\text{Log} \left(\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr}}{\omega} S \right)$

$$\begin{aligned}\text{Log} \left(\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr}}{\omega} S \right) &= \text{Log} (4.050 - 0.084224) \\ &= 0.594\end{aligned}$$

9. Hitung $\text{Log } C_t$

$$\begin{aligned}\text{Log } C_t &= 5.435 - 0.286 \left(\text{Log } \frac{\omega \times d}{g} \right) - 0.456 \left(\text{Log } \frac{U^*}{\omega} \right) + [1.799 - 0.409 \left(\text{Log } \frac{\omega \times d}{g} \right) - \\ &\quad 0.314 \left(\text{Log } \frac{U^*}{\omega} \right)] \left(\text{Log} \left(\frac{V \times S}{\omega} - \frac{V_{cr}}{\omega} S \right) \right) \\ &= 5.345 - 0.286(3.284) - 0.456(0.294) + [1.799 - 0.409(3.284) - \\ &\quad 0.314(0.294)] \times (0.594) \\ &= 4.0867\end{aligned}$$

$$C_t = 12208.9 \text{ ppm}$$

$$C_t = 2286.46 \text{ ton/tahun}$$

b. Metode Ackers dan White's

Data Perhitungan :

$$D50 = 0.0042653 \text{ ft}$$

$$g = 32.2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 66.8 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4.27 \text{ ft}$$

$$\vartheta = 0.000008676 \text{ ft/sec}$$

$$\gamma_s = 2.33 \text{ lb/ft}^3$$

$$\gamma_w = 1 \text{ lb/ft}^3$$

Langkah perhitungan periode ulang 5 tahun :

1. Hitung dgr

$$dgr = d \left[\frac{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)}{g^2} \right]^{1/3}$$

$$= 0.0042653 \left[\frac{32,2 \left(\frac{2,33}{1} - 1 \right)}{0,000008676^2} \right]^{1/3} = 171.337$$

2. Hitung m

$$m = \frac{9,66}{dgr} + 1,34 = \frac{9,66}{171.337} + 1,34 = 1.396$$

3. Hitung A

$$A = \frac{0,23}{dgr^{1/2}} + 0,14 = \frac{0,23}{171.337^{1/2}} + 0,14 = 0.158$$

4. Hitung n

$$n = 1 - 0,56 \log dgr = 1 - 0,56 \log 171.337 = 0.251$$

5. Hitung C

$$C = 10^{[2,86 \log dgr - (\log dgr^2) - 3,53]}$$

$$= 10^{[2,86 \log 171.337 - (\log 171.337^2) - 3,53]} = 0.007$$

6. Hitung U*

$$U^* = 3.027 \text{ ft/sec}$$

7. Hitung Fgr

$$Fgr = \frac{U^{*n}}{[g \times (d \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1)^{1/2}]^n} \times \left[\frac{V}{322 \times \log \alpha_d} \right]^{1-n}$$

$$= \frac{3.027^{0.340}}{[32,2 \times (0.0042653 - 1)^{1/2}]^n} \times \left[\frac{66.8}{322 \times \log 10 \frac{4.27}{0.0042653}} \right]^{1-0.251}$$

$$= 1.702$$

8. Hitung Ggr

$$Ggr = C \left(\frac{Fgr}{A} - 1 \right)^m = 0.007 \left(\frac{1.702}{0.158} - 1 \right)^{1.396} = 0.179$$

9. Hitung X

$$X = \frac{Ggr \times d \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} \right)}{D \times \left(\frac{U^*}{V} \right)^n} = \frac{0.179 \times 0.0042653 \times \left(\frac{2.33}{1} \right)}{4.27 \times \left(\frac{3.027}{66.8} \right)^{0.251}} = 0.00028$$

10. Hitung X ke Fluid Flux

$$X = 0.000286 \times 1000000 = 276 \text{ mg/lt}$$

$$= 51.637 \text{ ton/tahun}$$

c. Metode Engelund dan Hansen

Data Perhitungan :

$$D50 = 0.0042653 \text{ ft}$$

$$g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$$

$$V = 21.91 \text{ ft/sec}$$

$$D = 4.27 \text{ ft}$$

$$S = 0,0667$$

$$W = 45.934 \text{ ft}$$

$$\gamma_s = 145.46 \text{ lb/ft}^3$$

$$\gamma_w = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

Langkah perhitungan periode ulang 2 tahun :

1. Hitung τ_0

$$\tau_0 = \gamma_w \times D \times s = 62,43 \times 4.27 \times 0,0667 = 17.761 \text{ lb/ft}^2$$

2. Hitung q_s

$$\begin{aligned} q_s &= 0,05 \times \gamma_s \times V^2 \times \left[\frac{d50}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)} \right]^{1/2} \times \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) d50} \right]^{3/2} \\ &= 0,05 \times 145.46 \times 21.91^2 \times \left[\frac{0.0042653}{32,2 \left(\frac{145.46}{62,43} - 1 \right)} \right]^{1/2} \times \left[\frac{17.761}{(145.46 - 62,43) 0.0042653} \right]^{3/2} \\ &= 12379.487 \text{ lb/sec.ft} \end{aligned}$$

3. Hitung Q_s

$$\begin{aligned} Q_s &= W \times q_s = 98.43 \times 12379.486 \\ &= 568639.361 \text{ lb/sec} \end{aligned}$$

4. Hitung G_w

$$\begin{aligned} G_w &= \gamma_w \times W \times D \times S \\ &= 62,43 \times 45.934 \times 4.27 \times 0,0667 \\ &= 268402 \text{ lb/sec} \end{aligned}$$

5. Hitung C_s

$$C_s = \frac{Q_s}{G_w} \times 1000000$$

$$= \frac{568639.361}{268402} \times 1000000 = 2.121 \text{ mg/lt}$$

$$= 39730.194 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 2.35 Rekapitulasi angkutan sedimen

Tahun	Periode Ulang	Metode Angkutan Sedimen Total (ton/tahun)		
		Yang's	Ackers and White	Engelund and Hansen
2007	2	2270.95	49.810	36266.327
2017	2	2286.46	51.637	39730.194

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan ketiga metode angkutan sedimen diatas, dapat dilihat hasil sedimen tersebut berbeda dari setiap metode, namun hasil yang di dapatkan mengalami peningkatan dari tahun 2007 ke 2017. Selanjutnya hasil dari perhitungan sedimen diatas akan diuji dengan pemilihan menggunakan metode Usle, agar metode angkutan sedimen diatas mendapatkan hasil yang mendekati dari hasil perhitungan metode Usle.

Pemilihan metode angkutan sedimen dengan metode USLE

Tabel 2.36 Perhitungan Indeks Erosivitas Curah Hujan (R) Stasiun Ladang Padi

Tahun	Bulan	Rain (cm)	Days	Max P (cm)	Rain^{1,21}	Days^{-0,47}	Max P^{0,53}	Rm
2017	Januari	40.00	17	4.20	86.79	0.26	2.14	300.04
	Februari	42.80	15	4.50	94.20	0.28	2.22	358.23
	Maret	29.50	15	4.10	60.05	0.28	2.11	217.36
	April	31.70	17	4.90	65.51	0.26	2.32	245.73
	Mei	57.40	18	11.50	134.36	0.26	3.65	771.18
	Juni	15.80	10	3.10	28.21	0.34	1.82	106.53
	Juli	37.40	13	8.70	80.02	0.30	3.15	461.58
	Agustus	43.40	13	12.20	95.80	0.30	3.77	661.09
	September	47.40	17	12.00	106.58	0.26	3.73	642.73
	Oktober	39.70	10	12.20	86.01	0.34	3.77	671.41
	November	91.30	29	8.20	235.60	0.21	3.05	903.33
	Desember	51.50	13	10.60	117.84	0.30	3.49	754.79
Jumlah		527.90	187.00	96.20	1190.96	3.39	35.22	6094.00
							R*)	507.83

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 2.37 Rekapitulasi Perhitungan Indeks Erosivitas Curah Hujan (R)

No	Tahun	Rm
1	2003	609,93
2	2004	395,85
3	2005	218,98
4	2006	444,87
5	2007	160,95
6	2008	81,39
7	2009	284,79
8	2010	499,98
9	2011	304,35
10	2012	326,83
11	2013	351,39
12	2014	311,61
13	2015	382,73
14	2016	376,64
15	2017	507,83
Jumlah		4373,67
Rm rata-rata		336,44

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisa Pemilihan Metode Perhitungan Angkutan Sedimen

Data perhitungan :

$$K = 0,11$$

$$LS = 1,40$$

$$C = 0,50$$

$$P = 0,75$$

$$\text{Luas DAS} = 25 \text{ km}^2 = 2500 \text{ ha}$$

Langkah perhitungan :

1) Hitung A

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$= 336,4 \times 0,11 \times 1,40 \times 0,50 \times 0,75 = 19,43 \text{ ton/ha/tahun}$$

2) Hitung Adas

$$A_{\text{das}} = \text{Luas DAS} \times A$$

$$= 2500 \times 19,43 = 48573,01 \text{ ton/tahun}$$

3) Hitung SDR

$$\begin{aligned} \text{SDR} &= 0,41 \times (A_{\text{das}})^{-0,3} \\ &= 0,41 \times (48573,01)^{-0,3} = 0,1561100 \end{aligned}$$

4) Hitung Y

$$\begin{aligned} Y &= A_{\text{das}} \times \text{SDR} \\ &= 48573,01 \times 0,1561100 = 75282,23 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan erosivitas dengan menggunakan metode Usle di dapat nilai Y sebesar 75282,23 ton/tahun. Dari hasil tersebut yang mendekati nilai usle dari ketiga metode adalah metode Englund and Hansen pada tahun 2017 sebesar 39730 ton/tahun.

III. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA

Penulis merencanakan membuat draft artikel untuk luaran penelitian.

IV. STATUS LUARAN

Dalam pembuatan draft artikel yang akan disubmit pada jurnal SINTA 3, yaitu Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp>

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Agam Kuantan, 2011. Identifikasi potensi penyedia, pengguna dan karakter jasa DAS untuk pengembangan cost sharing hulu hilir SWP DAS Arau, Padang.
2. Prananta R., Endes N. Dahlan, and Omo Rusdiana, 2015. Penilaian dan Pemanfaatan Sumberdaya Air Sub DAS Lubuk Paraku Kota Padang, Sumatera Barat (Assessment and Utilization of Water Resource in Lubuk Paraku Sub Watershed, Padang City, West Sumatera). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 12 (1): 19-31.
3. Dahlan E. N., Rebecca P, and Omo Rusdiana, 2014. Pemanfaatan Sumberdaya Air di Sub DAS Lubuk Paraku Sumatera Barat (Water Resourece Utilization in Lubuk Paraku Sub Watershed, West Sumatera). *Media Konservasi*, 19 (1): 30-40.
4. Pemerintah Kota Padang, 2019. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Pemerintah Daerah 2019-2024 (RPJMD Kota Padang).
5. Nurhamidah, Ahmad Junaidi, and Muhammad Kurniawan, 2018. Tinjauan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan, Kasus: DAS Batang Arau Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-UNAND)*, 14(2): 131-138.
6. Vinolia, 2018. Mongabay situs berita lingkungan. Diakses dari: <https://www.mongabay.co.id/2018/11/06/banjir-dan-longsor-terjang-sumatera-barat-berikut-masukan-upaya-pencegahan/>
7. Zainal, E, Zufrimar, 2021. Distribusi Probabilitas Curah Hujan Pada Daerah Aliran Sungai Kuranji. *Jurnal Rekayasa*, 11(1), 17-26.
8. Berita Sumatera Barat Terkini dan Update, 2021. Longsor di Lubuak Paraku. Diakses; <https://sumbar.antarane.ws.com/berita/460337/longsor-di-lubuak-paraku-telah-dibersihkan-lalu-lintas-padang-selok-kembali-lancar>
9. Lindim C., Jose L. S. P., Jose M. P. V., 2011. Analysis of spatial and temporal patterns in a large reservoir using water quality and hydrodynamic modeling. *Ecological Modelling* 222(14): 2485-2494.
10. Nosetto, M. D. dkk, 2012. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, 2-11.
11. USGS Publications, A brief history of the landsat program. Diakses: <https://pubs.usgs.gov/fs/1997/0084/report.pdf>
12. Camara M., Jamil, N.R. & Abdullah, A.F.B, 2019. Impact of land uses on water quality in Malaysia: a review. *Ecological Processes* 8, 10.
13. Zainal E. and K. Toshiharu, 2016. Investigation of Long Term Evapotranspiration by Using Hamon Equation Factor and NDVI Data in Forest Plantations Area, *China-USA Business Review*, Vol. 15 No. 10, pp 494-506.
14. Salvadore, E., Bronders, J. and Batelaan, O., 2015. Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions. *Journal of Hydrology*, 529, pp.62-8.
15. Eshtawi, T., Evers, M. and Tischbein, B., 2016. Quantifying the impact of urban area expansion on groundwater recharge and surface runoff. *Hydrological Sciences Journal*, 61(5), pp.826-843.
16. Wagner, P.D., Kumar, S. and Schneider, K., 2013. An assessment of land use change impacts on the water resources of the Mula and Mutha Rivers catchment upstream of Pune, India. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(6), pp.2233-2246.
17. Madhatilah, and Rusli HAR, 2020. Analisis Debit Air Limpasan Permukaan (Run Off) Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Pada DAS Kuranji dan DAS Batang Arau Kota Padang. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 5, No. 1: 178-189.
18. Asdak, C., 2010. Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
19. Arifandi F, Cahyono Ikhsan, 2019. Pengaruh sedimentasi terhadap umur layanan pada tampungan mati (dead storage) waduk Krisak di Wonogiri dengan Metode USLE. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil* : 430-439

20. Putri, A., Oronita, & Indang D., 2017. Analisis status kualitas air sungai Batang Arau, Propinsi Sumatera Barat berdasarkan indeks pencemaran dan NSF-WQI. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu: 53-60.