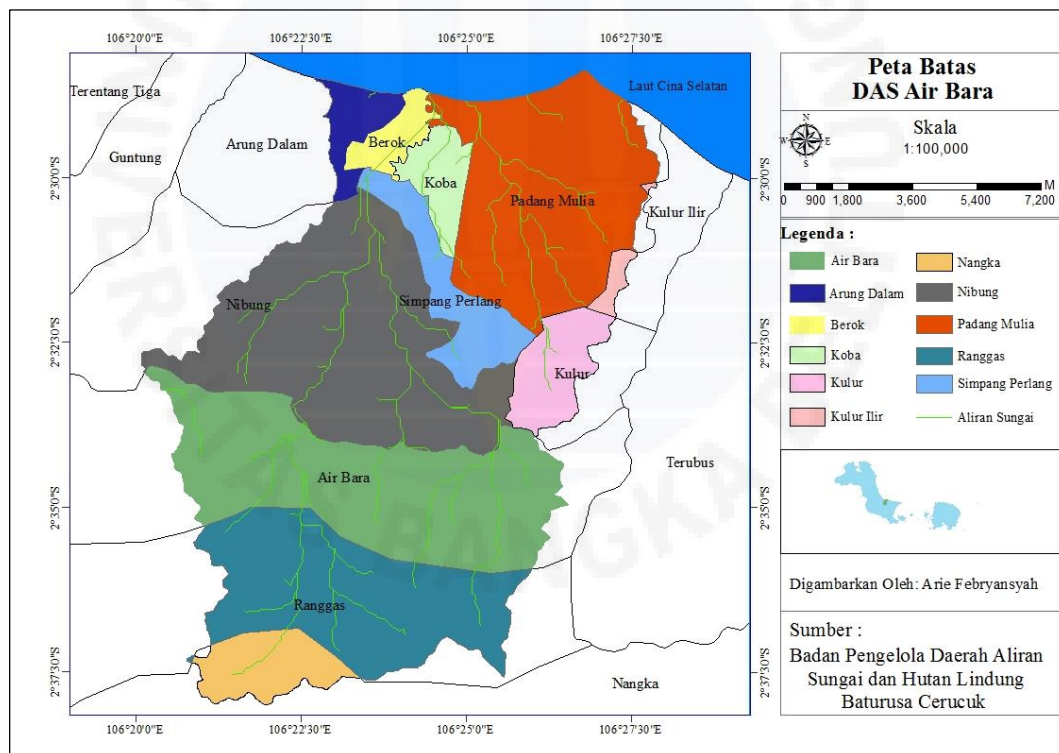


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

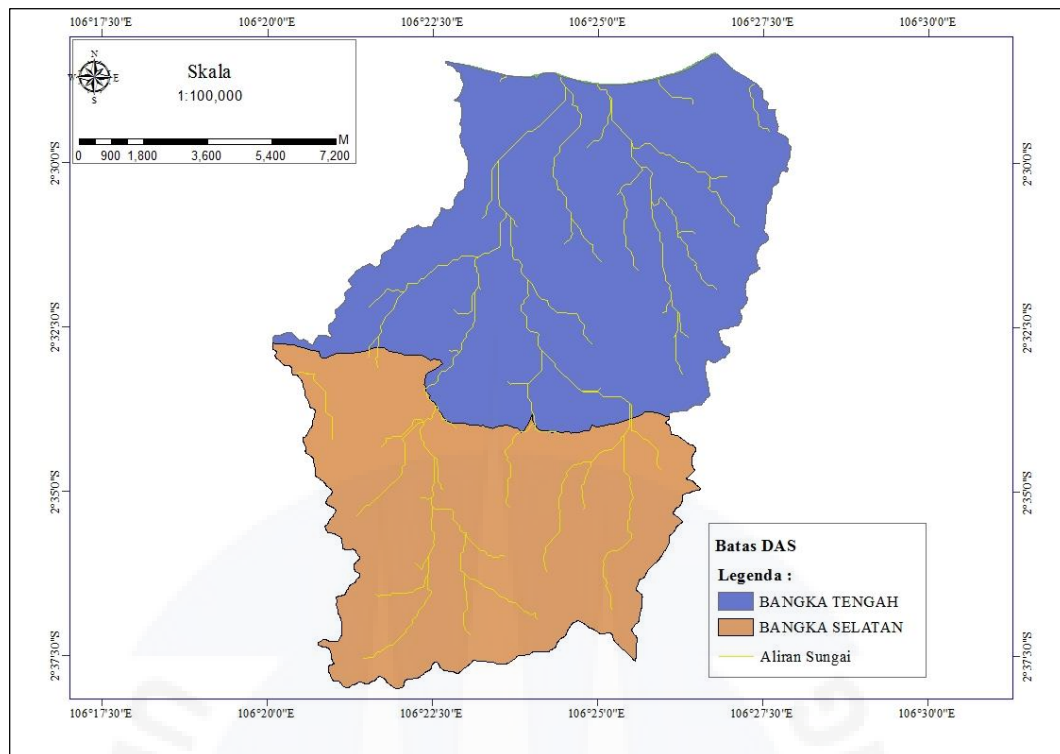
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di DAS Air Bara. Secara geografis, DAS Air Bara terletak pada koordinat 2°28'22" LS – 2°38'20" LS dan 106°20'10" BT – 106°27'48" BT. Luas secara umum DAS Air Bara adalah 16121,827 Ha yang terdiri dari 10 Desa dan 1 Kota. Desa yang terdapat pada DAS Air Bara adalah Air Bara, Arung Dalam, Berok, Koba, Kulur, Kulur Ilir, Nangka, Nibung, Padang Mulia, Ranggas dan Simpang Perlang sedangkan kota yang terdapat di DAS Air Bara adalah Koba. DAS Air Bara juga terletak di 2 kabupaten yaitu Kabupaten Bangka Tengah dan Bangka Selatan. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Sumber: BPKH Wilayah XIII Pangkalpinang, 2019

Gambar 4.1 Batas DAS Air Bara

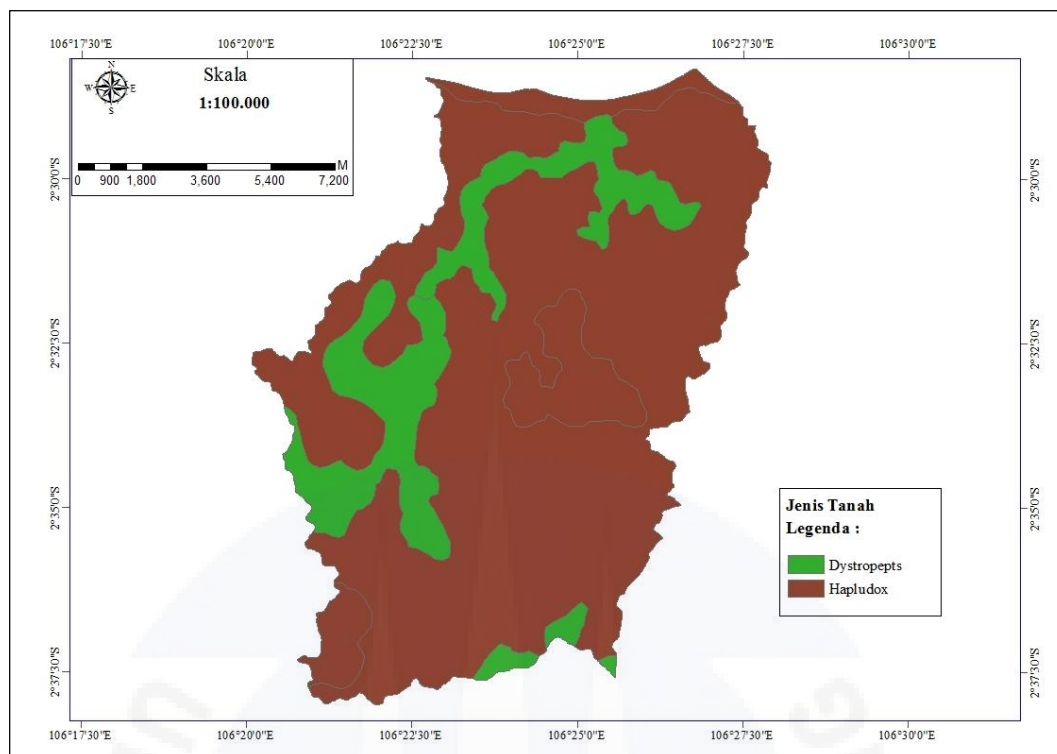


Sumber: BPKH Wilayah XIII Pangkalpinang, 2019

Gambar 4.2 Batas Kabupaten Di DAS Air Bara

4.2 Erodibilitas Tanah (K)

Dalam perhitungan hasil sedimen dengan menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE), perhitungannya membutuhkan nilai erodibilitas tanah (K). Erodibilitas tanah atau faktor erosi tanah merupakan daya tahan tanah baik terhadap penglepasan dan pengangkutan, terutama tergantung pada sifat-sifat tanah, seperti tekstur, stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, kandungan bahan organik dan kimiawi. Faktor yang mempunyai pengaruh besar terhadap variasi erodibilitas tanah adalah suhu tanah, tekstur tanah dan kelengasan tanah (Suripin, 2001). Setiap jenis tanah mempunyai nilai erodibilitas tanah (K) yang berbeda-beda. Jenis dan nilai erodibilitas tanah (K) dapat dilihat pada Tabel 2.1. Untuk mengetahui persebaran jenis tanah pada DAS Air Bara dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Sumber : BPDASHL Cerucuk Baturusa, 2019

Gambar 4.3 Peta Jenis Tanah di DAS Air Bara

Berdasarkan Gambar 4.3 DAS Air Bara memiliki 2 jenis tanah, yaitu *Dystropepts* dan *Halupdox*. Dari Gambar 4.3 juga dapat diketahui bahwa tanah *halupdox* merupakan jenis tanah terluas pada DAS Air Bara yaitu seluas 13.394,329 Ha (83,08 %), sedangkan untuk tanah *dystropepts* hanya seluas 2.727,498 Ha (16,92 %). Perhitungan nilai erodibilitas tanah (K) pada DAS Air Bara dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Erodibilitas Tanah (K) di DAS Air Bara

No.	Jenis Tanah	Nilai K	Luas		Luas x K
			Ha	%	
1.	<i>Dystropepts</i>	0,26	2.727,498	16,92	709,14948
2.	<i>Halupdox</i>	0,29	13.394,329	83,08	3.884,35541
Jumlah			16.121,827	100	4.593,50489
Nilai $K_{komposit} = 4.593,50489/16.121,827 = 0,285$					

Sumber: Perhitungan, 2020

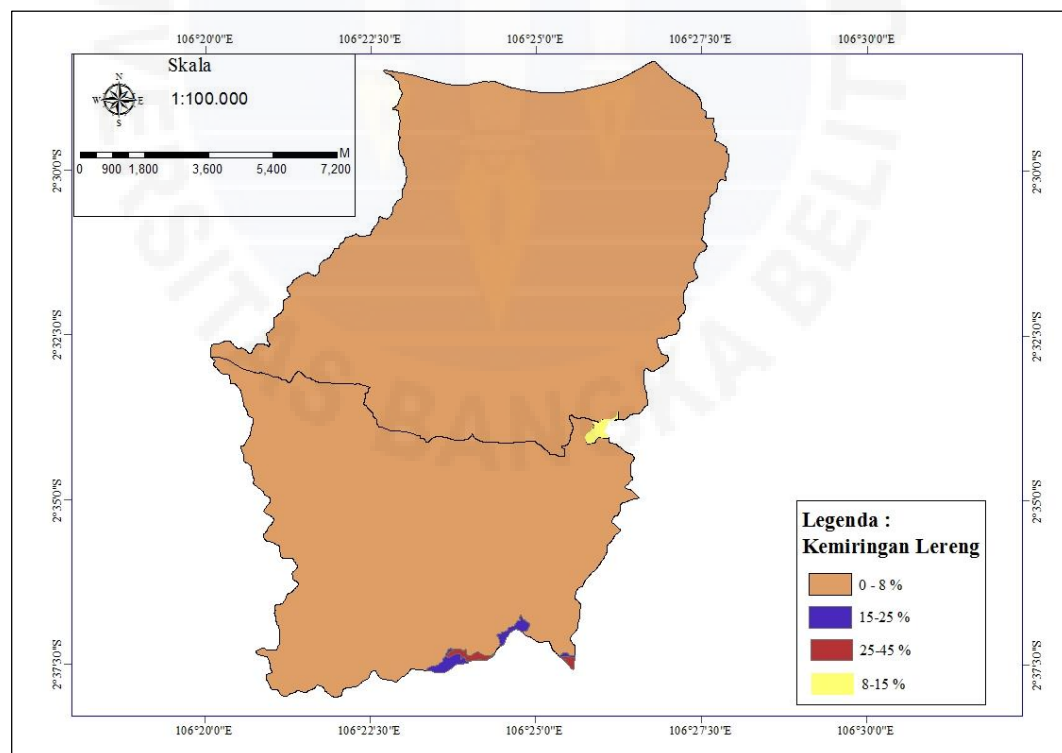
Dari Tabel 4.1 diketahui nilai $K_{komposit}$ di DAS Air Bara adalah sebesar 0,285. Nilai tersebut merupakan gabungan dari nilai luas setiap jenis tanah dikalikan dengan nilai K dan dibagi jumlah luas dari DAS Air Bara. Faktor lain yang dibutuhkan untuk menghitung hasil sedimen dengan metode *Modified*

Universal Soil Loss Equation (MUSLE) adalah faktor panjang dan kemiringan lereng (*LS*).

4.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (*LS*)

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang berpengaruh terhadap aliran permukaan. Semakin miring dan panjang suatu lahan maka semakin besar aliran permukaan yang menyebabkan sedimentasi, begitu pula sebaliknya semakin datar dan pendeknya suatu lahan maka semakin kecil kemungkinan terjadinya sedimentasi (Asdak, 2004 dalam Meylina, 2015).

Berdasarkan bentuk topografinya, DAS Air Bara terdapat beberapa kelompok kelas panjang dan kemiringan lereng. Pembagian kelas panjang kemiringan lereng ini didasarkan pada analisis dari peta rupa bumi Indonesia dan pengukuran di lapangan. Kelas kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 2.2. Melalui Tabel 2.2 kemiringan lereng dikonversikan menjadi nilai *LS*. Persebaran kemiringan lereng tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4.



Sumber : BPDASHL Cerucuk Baturusa, 2019

Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng di DAS Air Bara

Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui luas panjang dan kemiringan lereng 0 – 8 % paling luas dibandingkan persentase panjang dan kemiringan lereng lainnya. Untuk panjang dan kemiringan lereng 8 – 15 %, 15 – 25 % dan 25 – 45 % hanya terdapat di pinggir DAS Air Bara. Panjang dan kemiringan lereng > 45 % tidak terdapat pada DAS Air Bara. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui juga bahwa 0 -8 % merupakan panjang dan kemiringan lereng terluas di DAS Air Bara yaitu seluas 16.010,845 Ha (99,31 %), sedangkan untuk panjang dan kemiringan lereng 8 – 15%, 15 – 25 % dan 25 – 45 % mempunyai luas berturut-turut sebesar 27,6 Ha (0,17 %), 55,702 Ha (0,35 %) dan 27,68 Ha (0,17 %). Hampir seluruh daerah pada DAS Air Bara memiliki panjang dan kemiringan lereng 0 – 8 %. Perhitungan nilai panjang dan kemiringan lereng (*LS*) ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (*LS*) di DAS Air Bara

No.	Kelas	Kemiringan Lereng (%)	<i>LS</i>	Luas		Luas x <i>LS</i>
				(Ha)	(%)	
1.	I	0 – 8	0,4	16.010,845	99,31	6.404,338
2.	II	8 – 15	1,40	27,6	0,17	38,64
3.	III	15 – 25	3,10	55,702	0,35	172,6762
4.	IV	25 – 45	6,80	27,68	0,17	188,224
Jumlah				16.121,827	100	6.803,8782
				Nilai $LS_{komposit} = 6.803,8782/16.121,827 = 0,422$		

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.2 diketahui nilai $LS_{komposit}$ di DAS Air Bara adalah sebesar 0,422. Nilai tersebut merupakan gabungan dari nilai luas setiap kemiringan lereng dikalikan dengan *LS* yang telah dikonversikan berdasarkan Tabel 2.2 dan dibagi jumlah luas dari DAS Air Bara. Faktor lain yang dibutuhkan untuk menghitung hasil sedimen dengan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) adalah faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman (*C*).

4.4 Faktor Tanaman Penutup Lahan dan Manajemen Tanaman (*C*)

Faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman (*C*) merupakan faktor yang mempengaruhi hasil sedimen setiap tahun pada DAS Air Bara karena mengalami perubahan tata guna lahan. Faktor *C* dalam penelitian ini dianalisis

menggunakan peta tata guna lahan yang diperoleh dari BPKH Wilayah XIII Pangkalpinang. Peta tata guna lahan yang digunakan adalah peta tata guna lahan dari tahun 2010 – 2019. Digunakan peta tata guna lahan dari tahun 2010 – 2019 hal itu dimaksudkan untuk melihat perubahan tata guna lahan.

Perubahan tata guna lahan dapat berakibat meningkatnya koefisien pengaliran dan intensitas hujan yang tinggi menjadikan debit limpasan permukaan dari air hujan menjadi lebih besar. Peta perubahan tata guna lahan pada DAS Air Bara dapat dilihat pada Lampiran 8. Akibat perubahan tata guna lahan menyebabkan nilai koefisien pengaliran setiap tahun tak selalu sama. Untuk nilai C dapat dilihat pada Tabel 2.3. Nilai koefisien pengaliran dari tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.3 – 4.12.

Tabel 4.3 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2010

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	10178,777	63,13662	712,5144
2.	Permukiman	0,60	956,334	5,931921	573,8004
3.	Tanah Terbuka	1	833,946	5,172776	833,946
4.	Belukar Rawa	0,15	523,366	3,246319	78,5049
5.	Pertambangan	1	3067,892	19,02943	3067,892
6.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	376,274	2,333941	37,6274
7.	Perkebunan	0,40	181,108	1,123371	72,4432
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	4,130	0,025617	0,1239
Σ			16121,827	100	5376,852
Nilai $C_{komposit} = 5276,852/16121,827 = 0,33$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.4 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2011

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	10178,777	63,13662	712,5144
2.	Permukiman	0,60	956,334	5,931921	573,8004
3.	Tanah Terbuka	1	833,946	5,172776	833,946
4.	Belukar Rawa	0,15	523,366	3,246319	78,5049
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	376,274	2,333941	37,6274
6.	Pertambangan	1	3067,892	19,02943	3067,892
7.	Perkebunan	0,40	181,108	1,123371	72,4432
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	4,130	0,025617	0,1239
Σ			16121,827	100	5376,852
Nilai $C_{komposit} = 5276,852/16121,827 = 0,33$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.5 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2012

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	10178,777	63,13662	712,5144
2.	Permukiman	0,60	956,334	5,931921	573,8004
3.	Tanah Terbuka	1	833,946	5,172776	833,946
4.	Belukar Rawa	0,15	523,366	3,246319	78,5049
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	376,274	2,333941	37,6274
6.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	4,130	0,025617	0,1239
7.	Pertambangan	1	3067,892	19,02943	3067,892
8.	Perkebunan	0,40	181,108	1,123371	72,4432
Σ			16121,827	100	5376,852
Nilai $C_{komposit} = 5276,852/16121,827 = 0,33$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.6 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2013

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	10178,777	63,13662	712,5144
2.	Permukiman	0,60	956,334	5,931921	573,8004
3.	Tanah Terbuka	1	833,946	5,172776	833,946
4.	Belukar Rawa	0,15	523,366	3,246319	78,5049
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	376,274	2,333941	37,6274
6.	Pertambangan	1	3067,892	19,02943	3067,892
7.	Perkebunan	0,40	181,108	1,123371	72,4432
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	4,130	0,025617	0,1239
Σ			16121,827	100	5376,852
$Nilai C_{komposit} = 5276,852/16121,827 = 0,33$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2014

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	10178,777	63,13662	712,5144
2.	Permukiman	0,60	956,334	5,931921	573,8004
3.	Tanah Terbuka	1	833,946	5,172776	833,946
4.	Belukar Rawa	0,15	523,366	3,246319	78,5049
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	376,274	2,333941	37,6274
6.	Pertambangan	1	3067,892	19,02943	3067,892
7.	Perkebunan	0,40	181,108	1,123371	72,4432
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	4,130	0,025617	0,1239
Σ			16121,827	100	5376,852
$Nilai C_{komposit} = 5276,852/16121,827 = 0,33$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.8 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2015

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	8172,086	50,68958	572,046
2.	Permukiman	0,60	662,942	4,112077	397,7652
3.	Tanah Terbuka	1	2520,408	15,63351	2520,408
4.	Belukar Rawa	0,15	523,032	3,244248	78,4548
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	1110,862	6,890423	111,0862
6.	Pertambangan	1	3128,937	19,40808	3128,937
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	3,56	0,022082	0,1068
Σ			16121,827	100	6808,804
$\text{Nilai } C_{\text{komposit}} = 6808,804/16121,827 = 0,42$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.9 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2016

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	9154,910	56,78581	640,8437
2.	Permukiman	0,60	664,376	4,120972	398,6256
3.	Tanah Terbuka	1	1488,891	9,23525	1488,891
4.	Belukar Rawa	0,15	533,377	3,308415	80,00655
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	1141,195	7,078571	114,1195
6.	Pertambangan	1	3135,518	19,4489	3135,518
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	3,56	0,022082	0,1068
Σ			16121,827	100	5858,111
$\text{Nilai } C_{\text{komposit}} = 5858,111/16121,827 = 0,36$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.10 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2017

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	9154,910	56,78581	640,8437
2.	Permukiman	0,60	664,376	4,120972	398,6256
3.	Tanah Terbuka	1	1488,891	9,23525	1488,891
4.	Belukar Rawa	0,15	533,377	3,308415	80,00655
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	1141,195	7,078571	114,1195
6.	Pertambangan	1	3135,518	19,4489	3135,518
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	3,56	0,022082	0,1068
Σ			16121,827	100	5858,111
$\text{Nilai } C_{\text{komposit}} = 5858,111/16121,827 = 0,36$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.11 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2018

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	9154,910	56,78581	640,8437
2.	Permukiman	0,60	664,376	4,120972	398,6256
3.	Tanah Terbuka	1	1488,891	9,23525	1488,891
4.	Belukar Rawa	0,15	533,377	3,308415	80,00655
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	1141,195	7,078571	114,1195
6.	Pertambangan	1	3135,518	19,4489	3135,518
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	3,56	0,022082	0,1068
Σ			16121,827	100	5858,111
$\text{Nilai } C_{\text{komposit}} = 5858,111/16121,827 = 0,36$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.12 Perhitungan Koefisien Pengaliran di DAS Air Bara Tahun 2019

No.	Tata Guna Lahan	Nilai C	Luas		Luas x C
			(Ha)	(%)	
1.	Belukar	0,07	9154,910	56,78581	640,8437
2.	Permukiman	0,60	664,376	4,120972	398,6256
3.	Tanah Terbuka	1	1488,891	9,23525	1488,891
4.	Belukar Rawa	0,15	533,377	3,308415	80,00655
5.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,10	1141,195	7,078571	114,1195
6.	Pertambangan	1	3135,518	19,4489	3135,518
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03	3,56	0,022082	0,1068
Σ			16121,827	100	5858,111
$\text{Nilai } C_{\text{komposit}} = 5858,111/16121,827 = 0,36$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Setelah dilakukan perhitungan nilai koefisien pengaliran (C) selama 10 tahun dari tahun 2010-2019 seperti yang tersaji pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.12. Berikut rekapitulasi koefisien pengaliran (C) dari tahun 2010-2019 seperti yang tersaji pada Tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai C Di DAS Air Bara Pada Tahun 2010 -2019

Tahun	Koefisien Pengaliran (C)
2010	0,33
2011	0,33
2012	0,33
2013	0,33
2014	0,33
2015	0,42
2016	0,36
2017	0,36
2018	0,36
2019	0,36

Sumber: Perhitungan, 2010

Dari Tabel 4.13 menunjukkan bahwa dari periode tahun 2010 – 2019 terjadi perubahan tata guna lahan. Dari tahun 2010 – 2014 mempunyai nilai koefisien pengaliran 0,33. Artinya dari tahun 2010 – 2014 tidak mengalami perubahan tata guna lahan. Tidak terjadinya perubahan tata guna lahan juga terjadi pada tahun 2016 – 2019. Perubahan tata guna lahan terjadi dari tahun 2014 – 2015 dan 2015 – 2016.

Untuk nilai koefisien pengaliran (C) yang paling tinggi di DAS Air Bara terjadi pada tahun 2015 yaitu 0,42. Hal ini disebabkan pada tahun 2014 – 2015 terjadi peningkatan luas lahan pertambangan dan tanah terbuka. Pertambangan dan tanah terbuka mempunyai nilai C sebesar 1 yang artinya tidak baik dalam hal penyerapan air. Pada periode tahun 2014 – 2015 terjadi peningkatan luas pertambangan sebesar 0,38% dan tanah terbuka sebesar 10,46%. Sebaliknya tempat penyerapan air seperti belukar mengalami pengurangan luas lahan yang cukup signifikan yaitu sebesar 12,45%. Pada tahun 2015 terjadi perubahan alih fungsi belukar menjadi pertambangan dan tanah terbuka. Belukar mempunyai nilai C terkecil yaitu sebesar 0,07 yang artinya terbaik dalam hal penyerapan air.

Pada tahun 2016 nilai koefisien pengaliran (C) mengalami penurunan dari tahun sebelumnya. Penurunan nilai C disebabkan berkurangnya luas tanah terbuka sebesar 6,38%. Sebaliknya tempat penyerapan air seperti belukar mengalami peningkatan luas lahan yang cukup signifikan yaitu sebesar 6,10% dari tahun sebelumnya.

Faktor lain yang juga dibutuhkan untuk menghitung hasil sedimen dengan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) adalah faktor tindakan konservasi (P).

4.5 Faktor Tindakan Konservasi (P)

Faktor pengelolaan dan konservasi tanah dapat berubah dari waktu ke waktu tergantung pada aktivitas manusia yang menyangkut pola pergiliran tanaman dan tindakan konservasi yang dilakukan. Untuk mengetahui nilai tindakan konservasi (P) dapat diperoleh dari Tabel 2.4. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, DAS Air Bara tidak terdapat tindakan konservasi. Nilai tindakan

konservasi (P) pada lahan tanpa tindakan konservasi yaitu = 1. Untuk dokumentasi tindakan konservasi pada DAS Air Bara dapat dilihat pada Lampiran 2.

Faktor lain yang juga dibutuhkan untuk menghitung hasil sedimen dengan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) adalah faktor debit limpasan (Qp).

4.6 Pengolahan Data Curah Hujan Harian

Perhitungan debit limpasan (Qp) membutuhkan nilai hujan rancangan (R_{24}). Nilai hujan rancangan (R_{24}) didapatkan dari pengolahan data curah hujan harian. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian yang diperoleh dari instansi terkait selama 10 tahun yaitu periode 2010 - 2019. Penentuan data curah hujan maksimum tahunan menggunakan metode *Annual Maximum Series*. Hal itu dikarenakan data yang digunakan adalah data 10 tahun atau lebih. Dalam metode ini, hanya data maksimum yang diambil untuk setiap tahunnya atau hanya ada 1 data setiap tahun. Data curah hujan maksimum tahunan ini akan digunakan untuk perhitungan hujan rancangan. Data curah hujan harian dapat dilihat pada Lampiran 3. Rekapitulasi hasil pengolahan data curah hujan maksimum tahunan dari tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan dari Periode 2010 – 2019

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)
1.	2010	124,7
2.	2011	87
3.	2012	108,4
4.	2013	141,4
5.	2014	94,6
6.	2015	69,5
7.	2016	183,9
8.	2017	73,6
9.	2018	84,4
10.	2019	128,4

Sumber : Hasil Pengolahan Data Curah Hujan, 2020

4.7 Hujan Rancangan (R_{24})

Setelah didapatkan curah hujan maksimum tahunan periode 2010 – 2019 selanjutnya dilakukan perhitungan hujan rancangan. Perhitungan hujan rancangan digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang nantinya akan diperlukan dalam perhitungan debit aliran permukaan. Perhitungan hujan rancangan dianalisis dengan metode analisis distribusi frekuensi. Dalam penelitian ini, digunakan empat metode analisis distribusi frekuensi yaitu distribusi probabilitas Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Hasil masing-masing distribusi frekuensi tersebut dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan melakukan uji Chi-Kuadrat (χ^2) dan uji Smirnov-Kolmogorof. Penelitian ini juga menggunakan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.

4.8 Analisis Frekuensi

a. Distribusi Probabilitas Normal

Langkah-langkah analisis distribusi probabilitas Normal adalah sebagai berikut:

1. Analisis distribusi Probabilitas Normal diawali dengan perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}). Rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) dihitung menggunakan Persamaan 2.8. Perhitungan rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sum Xi &= 124,7 + 87 + 108,4 + 141,4 + 94,6 + 69,5 + 183,9 + 73,6 + 84,4 \\ &\quad + 128,41\end{aligned}$$

$$\sum Xi = 1095,9 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{1095,9}{10} = 109,59 \text{ mm}$$

Untuk membantu perhitungan hujan rancangan maka terlebih dahulu dihitung parameter statistik. Berikut contoh perhitungan parameter statistik untuk tahun 2010.

$$Xi - \bar{X} = 124,7 - 109,59 = 15,11$$

$$(Xi - \bar{X})^2 = (15,11)^2 = 228,3121$$

Untuk perhitungan parameter statistik pada tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Probabilitas Normal

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.	2010	124,7	15,11	228,3121
2.	2011	87	-22,59	510,3081
3.	2012	108,4	-1,19	1,461
4.	2013	141,4	31,81	1011,876
5.	2014	94,6	-14,99	224,7001
6.	2015	69,5	-40,99	1607,208
7.	2016	183,9	74,31	5521,976
8.	2017	73,6	-35,99	1295,28
9.	2018	84,4	-25,19	634,5361
10.	2019	128,4	18,81	353,8161
	Σ	1095,9		11389,43

Sumber: Perhitungan, 2020

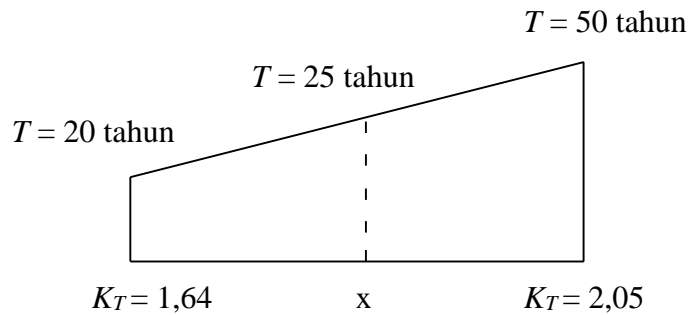
- Selanjutnya standar deviasi dari data hujan (S) dapat dihitung dengan Persamaan 2.9. Perhitungan nilai S adalah sebagai berikut:

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

$$S = \sqrt{\frac{11389,43}{10-1}}$$

$$S = 35,574 \text{ mm}$$

- Untuk faktor frekuensi atau K_T diketahui berdasarkan Lampiran 4. Contohnya untuk periode 2 tahun diketahui K_T sebesar 0. Berdasarkan Lampiran 4 diketahui juga untuk nilai K_T untuk periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun dan 50 tahun, sedangkan untuk periode ulang 25 tahun tidak diketahui. Untuk mendapatkan periode yang tidak diketahui nilai K_T dapat diperoleh dengan cara interpolasi linier. Perhitungan nilai K_T untuk periode 25 tahun adalah sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Interpolasi linier: } \frac{50 - 20}{2,05 - 1,64} &= \frac{25 - 20}{X - 1,64} \\ &: \frac{30}{0,410} = \frac{5}{X - 1,64} \\ &: 30 \times (X - 1,64) = 5 \times 0,41 \\ &: 30X - 49,2 = 2,05 \\ &: 30X = 51,250 \\ &: X = 1,708 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh faktor frekuensi (K_T) pada periode 25 tahun sebesar 1,708.

4. Setelah didapatkan nilai rata-rata dari data hujan maksimum (\bar{X}), faktor frekuensi (K_T) dan standar deviasi (S) maka nilai hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7. Perhitungan hujan rancangan untuk periode ulang 2 tahun adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\bar{X} = 109,59 \text{ mm}$$

$$S = 35,574 \text{ mm}$$

$$K_T = 0$$

Perhitungan:

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

$$X_2 = 109,59 + 0 \cdot 35,574 = 109,59 \text{ mm}$$

Adapun untuk perhitungan hujan rancangan distribusi probabilitas Normal periode lainnya dapat dihitung dengan langkah yang sama. Untuk nilai hujan rancangan (X) pada periode lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai Hujan Rancangan (X) pada Distribusi Probabilitas Normal

T	\bar{X} (mm)	S	K_T	X (mm)
2	109,59	35,574	0	109,59
5	109,59	35,574	0,84	139,472
10	109,59	35,574	1,28	155,125
25	109,59	35,574	1,708	170,350
50	109,59	35,574	2,05	182,517

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.16 menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan hujan rancangan setiap periode ulangnya. Hujan rancangan dari periode ulang 2 tahun sampai 5 tahun terjadi kenaikan hujan rancangan yang paling besar dibandingkan dengan periode lainnya. Tabel 4.16 juga menunjukkan bahwa jumlah kenaikan hujan rancangan antara satu periode ke periode lainnya mengalami kecenderungan penurunan. Perbedaan hasil hujan rancangan setiap periodenya dipengaruhi oleh faktor frekuensi (K_T)

b. Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah-langkah analisis distribusi probabilitas Log Normal adalah sebagai berikut:

1. Analisis distribusi Probabilitas Log Normal diawali dengan perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$). Rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dihitung menggunakan Persamaan 2.11. Perhitungan rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum \text{Log } X_i &= (\text{Log } 124,7) + (\text{Log } 87) + (\text{Log } 108,4) + (\text{Log } 141,4) + \\ & (\text{Log } 94,6) + (\text{Log } 69,5) + (\text{Log } 183,9) + (\text{Log } 73,6) + \\ & (\text{Log } 84,4) + (\text{Log } 128,41) \end{aligned}$$

$$\sum \text{Log } X_i = 20,205 \text{ mm}$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{20,205}{10} = 2,0205$$

Untuk membantu perhitungan hujan rancangan maka terlebih dahulu dihitung parameter statistik. Berikut contoh perhitungan parameter statistik untuk tahun 2010.

$$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2 = (2,096 - 2,0205)^2 = 0,0057$$

$$\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2 = 0,163$$

Untuk perhitungan parameter statistik pada tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Pehitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Probablilitas Log Normal

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum X_i (mm)	Log X_i	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$
1.	2010	124,7	2,096	0,0057
2.	2011	87	1,940	0,0066
3.	2012	108,4	2,035	0,0002
4.	2013	141,4	2,150	0,0169
5.	2014	94,6	1,976	0,002
6.	2015	69,5	1,842	0,0319
7.	2016	183,9	2,265	0,0596
8.	2017	73,6	1,867	0,0236
9.	2018	84,4	1,926	0,0089
10.	2019	128,4	2,109	0,0078
\sum		1095,9	20,205	0,163

Sumber: Perhitungan, 2020

- Selanjutnya standar deviasi dari data hujan ($S \text{ Log } X$) dapat dihitung dengan Persamaan 2.12. Perhitungan nilai S adalah sebagai berikut:

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

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{0,163}{10 - 1}} = 0,135 \text{ mm}$$

- Untuk nilai faktor frekuensi (K_T) dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai faktor frekuensi (K_T) pada perhitungan distribusi probabilitas Log Normal sama dengan nilai faktor frekuensi (K_T) pada perhitungan distribusi probabilitas Normal. Hasil perhitungan nilai faktor frekuensi (K_T) dapat dilihat pada Tabel 4.16.
- Setelah didapatkan nilai rata-rata dari data hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$), faktor frekuensi (K_T) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) maka nilai hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.10.

Perhitungan hujan rancangan untuk periode 2 tahun adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Log } \bar{X} = 2,0205 \text{ mm}$$

$$S \text{ Log } X = 0,135 \text{ mm}$$

$$K_T = 0$$

Perhitungan:

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

$$\text{Log } X_2 = 2,0205 + 0 \cdot 0,135 = 2,0205 \text{ mm}$$

$$X_2 = 10^{\text{Log } X_2} = 10^{2,0205} = 104,833 \text{ mm}$$

Adapun untuk perhitungan hujan rancangan distribusi probabilitas Log Normal periode lainnya dapat dihitung dengan langkah yang sama. Untuk nilai hujan rancangan (X) pada periode lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rekapitulasi Nilai Hujan Rancangan (X) pada Distribusi Probabilitas Log Normal

T	$\text{Log } \bar{X}$ (mm)	$S \text{ Log } X$	K_T	$\text{Log } X$ (mm)	X (mm)
2	2,0205	0,135	0	2,0205	104,833
5	2,0205	0,135	0,84	2,1339	136,113
10	2,0205	0,135	1,28	2,1933	156,063
25	2,0205	0,135	1,708	2,2511	178,271
50	2,0205	0,135	2,05	2,2973	198,267

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.18 menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan hujan rancangan setiap periode ulangnya. Hujan rancangan dari periode ulang 2 tahun sampai 5 tahun terjadi kenaikan hujan rancangan yang paling besar dibandingkan dengan periode lainnya. Perbedaan hasil hujan rancangan setiap periodenya dipengaruhi oleh faktor frekuensi (K_T).

c. Distribusi Probabilitas Log Pearson III

Langkah-langkah analisis distribusi probabilitas Pearson III adalah sebagai berikut.

1. Analisis distribusi Probabilitas Log Pearson III diawali dengan perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$). Rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dihitung menggunakan Persamaan 2.11. Untuk perhitungan $\text{Log } \bar{X}$ hasilnya sama dengan hasil $\text{Log } \bar{X}$ pada perhitungan analisis distribusi probabilitas Log Normal yaitu $\text{Log } \bar{X} = 2,0205$ mm Untuk membantu perhitungan hujan rancangan maka terlebih dahulu dihitung parameter statistik. Berikut contoh perhitungan parameter statistik untuk tahun 2010.

$$\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2 = 0,163$$

$$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3 = (2,096 - 2,0205)^3 = 0,00043$$

$$\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3 = 0,00708$$

Untuk perhitungan parameter statistik pada tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson III

No.	Tahun	X_i (mm)	$\text{Log } X_i$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$
1.	2010	124,7	2,096	0,0057	0,00043
2.	2011	87	1,940	0,0066	-0,00053
3.	2012	108,4	2,035	0,0002	0,000003
4.	2013	141,4	2,150	0,0169	0,00219
5.	2014	94,6	1,976	0,002	-0,00009
6.	2015	69,5	1,842	0,0319	-0,00569
7.	2016	183,9	2,265	0,0596	0,01453
8.	2017	73,6	1,867	0,0236	-0,00362
9.	2018	84,4	1,926	0,0089	-0,00084
10.	2019	128,4	2,109	0,0078	0,00068
\sum		1095,9	20,205	0,163	0,00708

Sumber: Perhitungan, 2020

2. Perhitungan nilai standar deviasi dari data hujan ($S \text{ Log } X$) telah dihitung pada analisis distribusi probabilitas Log Normal. Hasil perhitungan nilai standar deviasi dari data hujan ($S \text{ Log } X$) dapat dilihat pada analisis distribusi probabilitas Log Normal. Untuk nilai variabel standar (K_T) ditentukan berdasarkan pada koefisien kepengengan (C_s). Nilai C_s dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.14. Perhitungan untuk nilai C_s adalah sebagai berikut:

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

$$C_s = \frac{10 \times 0,00708}{(10-1)(10-2)(0,135)^3} = 0,4$$

3. Setelah didapatkan nilai C_s maka didapatkan juga nilai variabel standar (K_T) berdasarkan Lampiran 5.1 untuk nilai C_s positif dan Lampiran 5.2 untuk nilai C_s negatif. Hasil perhitungan nilai $C_s = 0,4$ maka dapat digunakan Lampiran 5.1. Nilai K_T periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun berturut-turut adalah -0,066, 0,816, 1,317, 1,880 dan 2,261.
4. Setelah didapatkan nilai rata-rata dari data hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$), variabel standar (K_T) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) maka nilai hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.13. Perhitungan hujan rancangan untuk periode 2 tahun adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Log } \bar{X} = 2,0205 \text{ mm}$$

$$S \text{ Log } X = 0,135 \text{ mm}$$

$$K_T = -0,066$$

Perhitungan:

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

$$\text{Log } X_2 = 2,0205 + (-0,066) \cdot 0,135$$

$$\text{Log } X_2 = 2,0116 \text{ mm}$$

$$X_2 = 10^{\text{Log } X_2}$$

$$X_2 = 10^{2,0116} = 102,705 \text{ mm}$$

Adapun untuk perhitungan hujan rancangan distribusi probabilitas Log Pearson III periode lainnya dapat dihitung dengan langkah yang sama. Untuk nilai hujan rancangan (X) pada periode lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Nilai Hujan Rancangan (X) pada Distribusi Probabilitas Log Pearson III

T	$\text{Log } \bar{X}$ (mm)	$S \text{ Log } X$	K_T	$\text{Log } X$ (mm)	X (mm)
2	2,0205	0,135	-0,066	2,0116	102,705
5	2,0205	0,135	0,816	2,1307	135,101
10	2,0205	0,135	1,317	2,1983	157,868
25	2,0205	0,135	1,880	2,2743	188,0615
50	2,0205	0,135	2,261	2,3257	211.7069

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.20 menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan hujan rancangan setiap periode ulangnya. Hujan rancangan dari periode ulang 2 tahun sampai 5 tahun terjadi kenaikan hujan rancangan yang paling besar dibandingkan dengan periode lainnya. Perbedaan hasil hujan rancangan setiap periodenya dipengaruhi oleh faktor frekuensi (K_T).

d. Distribusi Probabilitas Gumbel

Langkah-langkah analisis distribusi probabilitas Normal adalah sebagai berikut.

1. Analisis distribusi Probabilitas Gumbel diawali dengan perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}). Untuk perhitungan nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) hasilnya sama dengan hasil \bar{X} pada perhitungan analisis distribusi probabilitas Normal.

$$\bar{X} = 109,59 \text{ mm}$$

2. Hasil perhitungan standar deviasi (S) juga sama dengan hasil perhitungan standar deviasi (S) pada perhitungan analisis distribusi probabilitas Normal.

$$S = 35,574 \text{ mm}$$

3. Selanjutnya perhitungan faktor frekuensi (K) dapat dihitung dengan Persamaan 2.16. Untuk mencari nilai K harus mengetahui nilai dari Y_t , S_n dan Y_n terlebih dahulu. Nilai S_n dan Y_n dapat dilihat pada Tabel 2.6,

sedangkan untuk nilai Y_t dapat dilihat pada Tabel 2.7. Berikut contoh perhitungan nilai K untuk periode 2 tahun.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$K = \frac{0,3665 - 0,4925}{0,9497} = -0,133$$

4. Setelah didapatkan nilai rata-rata dari data hujan maksimum rata-rata (\bar{X}), faktor frekuensi (K) dan standar deviasi (S) maka nilai hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.15. Perhitungan hujan rancangan untuk periode 2 tahun adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\bar{X} = 109,59 \text{ mm}$$

$$S = 35,574 \text{ mm}$$

$$K = -0,133$$

Perhitungan:

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

$$X_2 = 109,59 + (-0,133) \cdot 35,574 = 104,859 \text{ mm}$$

Adapun untuk perhitungan hujan rancangan distribusi probabilitas Gumbel periode lainnya dapat dihitung dengan langkah yang sama. Untuk nilai hujan rancangan (X) pada periode lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Nilai Hujan Rancangan (X) pada Distribusi Probabilitas Gumbel

T	\bar{X} (mm)	S	K	X (mm)
2	109,59	35,574	-0,133	104,859
5	109,59	35,574	1,058	147,227
10	109,59	35,574	1,848	175,331
25	109,59	35,574	2,770	208,116
50	109,59	35,574	3,587	237,194

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.21 diatas menunjukkan bahwa terjadinya kenaikan hujan rancangan setiap periode ulangnya. Hujan rancangan dari periode ulang 2 tahun sampai 5 tahun terjadi kenaikan hujan rancangan yang paling besar dibandingkan dengan periode lainnya. Perbedaan hasil hujan rancangan setiap periodenya dipengaruhi oleh faktor frekuensi (K_T).

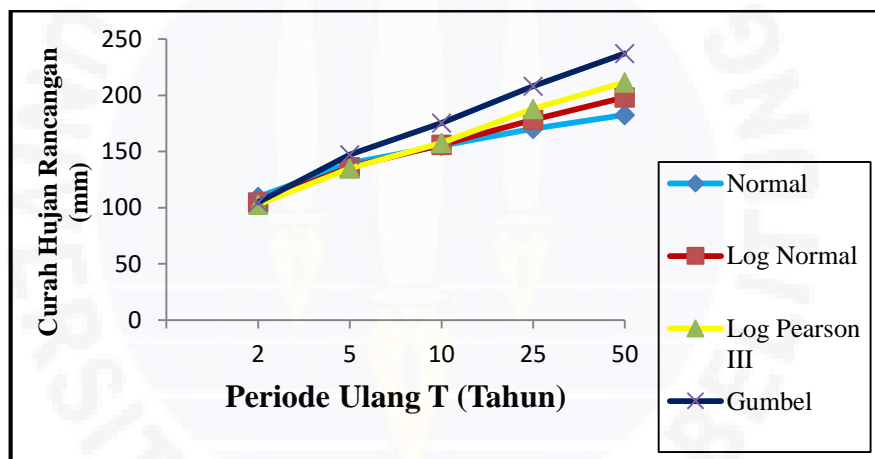
Hasil rekapitulasi hujan rancangan (X) dari keempat metode analisis distribusi probabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Hujan Rancangan (X) dari Empat Metode Analisis Distribusi Probabilitas

T (Tahun)	Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan (mm)			
	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	109,59	104,833	102,705	104,859
5	139,472	136,113	135,101	147,227
10	155,125	156,063	157,868	175,331
25	170,350	178,271	188,0615	208,116
50	182,517	198,267	211,7069	237,194

Sumber: Perhitungan, 2020

Hasil rekapitulasi hujan rancangan (X) dari keempat metode analisis distribusi probabilitas juga dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Curah Hujan Rancangan dengan Empat Macam Metode Distribusi Probabilitas

Dari Gambar 4.5 menunjukkan bahwa jika periode ulang yang digunakan semakin tinggi atau besar maka akan semakin tinggi juga curah hujan rancangan yang terjadi. Dari keempat macam distribusi probabilitas yang ditunjukkan pada gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai curah hujan rancangan yang paling tinggi diperoleh dari perhitungan distribusi probabilitas Gumbel dan yang paling rendah yaitu distribusi probabilitas normal.

4.9 Uji Ditribusi Frekuensi

Persyaratan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data yang dilakukan dengan mencocokkan parameter data keempat metode analisis distribusi probabilitas yaitu distribusi probabilitas Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel dengan syarat parameter statistik masing-masing jenis distribusi seperti Tabel 2.5. Untuk perhitungan parameter statistik membutuhkan hasil perhitungan yang ada di Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perhitungan Parameter Statistik Uji Distribusi Frekuensi

No.	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1.	2010	124,7	228,3121	3449,7958	52126,4150
2.	2011	87	510,3081	-11527,860	260414,3569
3.	2012	108,4	1,461	-1,6852	2,0053
4.	2013	141,4	1011,876	32187,7787	1023893,242
5.	2014	94,6	224,7001	-3368,2545	50490,1349
6.	2015	69,5	1607,208	-68870,5823	2823005,168
7.	2016	183,9	5521,976	410338,044	30492220,05
8.	2017	73,6	1295,28	-46617,1308	1677750,537
9.	2018	84,4	634,5361	-15983,9644	402636,0622
10.	2019	128,4	353,8161	6655,2808	125185,8326
Σ		1095,9	11389,43	306261,4223	36907723,8

Sumber: Perhitungan, 2020

Contoh perhitungan untuk tahun 2010:

$(X_i - \bar{X}) = 15,11$ (diketahui dari perhitungan analisis distribusi probabilitas

Normal)

$$(X_i - \bar{X})^2 = (15,11)^2 = 228,3121$$

$$(X_i - \bar{X})^3 = (15,11)^3 = 3449,7958$$

$$(X_i - \bar{X})^4 = (15,11)^4 = 52126,4150$$

Setelah didapatkan hasil perhitungan, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, $(X_i - \bar{X})^4$ dari tahun 2010 sampai 2019, selanjutnya masing-masing hasil perhitungan dijumlahkan.

$$\Sigma (X_i - \bar{X})^2 = 11389,43$$

$$\Sigma (X_i - \bar{X})^3 = 306261,4223$$

$$\Sigma (X_i - \bar{X})^4 = 36907723,8$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk persyaratan parameter statistik suatu distribusi. Persyaratan parameter statistik suatu distribusi itu terdiri dari koefisien kepeccangan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan nilai C_s dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 dan nilai C_k dihitung menggunakan Persamaan 2.3. Untuk persyaratan parameter statistik distribusi probabilitas Log Normal dibutuhkan nilai koefisien variasi (C_v) yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6. Perhitungan parameter statistik juga memerlukan data curah hujan maksimum rata-rata yang dihitung menggunakan Persamaan 2.4 dan standar deviasi (S) menggunakan Persamaan 2.5. Berikut ini adalah perhitungan dari parameter statistik:

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

$$\bar{X} = \frac{1095,9}{10} = 109,59$$

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

$$S = \sqrt{\frac{11389,43}{10-1}} = 35,574$$

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

$$C_s = \frac{10 \cdot (306261,4223)}{(10-1)(10-2)(35,574)^3} = 0,945$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4}$$

$$C_k = \frac{(10)^2 \cdot (36907723,8)}{(10-1)(10-2)(10-3)(35,574)^4} = 4,573$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{35,574}{109,59} = 0,325$$

Berikut perhitungan nilai C_s dan C_k pada parameter statistik distribusi Log Normal.

$$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$$

$$0,945 \approx (0,325)^3 + 3(0,325)$$

$$0,945 \neq 1,009$$

$$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

$$4,573 \approx (0,325)^8 + 6 (0,325)^6 + 16 (0,325)^2 + 3$$

$$4,573 \neq 4,86$$

Tabel 4.24 Perhitungan Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No.	Distribusi Probabilitas	Persyaratan	Hasil Perhitungan Parameter Statistik	Keterangan
1.	Gumbel	$C_s = 1,14$	$C_s = 0,945$	Tidak memenuhi
		$C_k = 5,4$	$C_k = 4,573$	Tidak Memenuhi
2.	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 0,945$	Tidak memenuhi
		$C_k \approx 3$	$C_k = 4,573$	Tidak memenuhi
3.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 1,009$	$C_s = 0,945$	Tidak memenuhi
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$ $C_k = 4,86$	$C_k = 4,573$	Tidak memenuhi
4.	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas		Memenuhi

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.24 menunjukkan bahwa perhitungan parameter statistik yang memenuhi apa yang dipersyaratkan pada masing-masing jenis distribusi probabilitas yang ditunjukkan pada Tabel 4.24. Dari tabel tersebut diketahui hanya distribusi probabilitas Log Pearson III yang memenuhi persyaratan parameter statistik sedangkan untuk metode distribusi probabilitas lainnya tidak. Untuk lebih meyakinkan dilakukan pengujian dengan metode Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Uji Chi-Kuadrat (χ^2)

Pada uji Chi Kuadrat dilakukan pengujian pada masing-masing distribusi probabilitas yaitu Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Langkah-langkah uji Chi-Kuadrat (χ^2) adalah sebagai berikut:

- a. Langkah pertama dalam melakukan uji Chi Kuadrat adalah mengurutkan data dari besar ke kecil. Data curah hujan maksimum terurut dari tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Data Curah Hujan Maksimum Terurut dari Periode 2010 - 2019

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)
1.	2016	183,9
2.	2013	141,4
3.	2019	128,4
4.	2010	124,7
5.	2012	108,4
6.	2014	94,6
7.	2011	87
8.	2018	84,4
9.	2017	73,6
10.	2015	69,5

Sumber : Hasil Pengolahan Data Curah Hujan, 2020

- b. Jumlah data curah hujan yang digunakan adalah 10 data (n) dari periode tahun 2010 – 2019. Setelah mengetahui jumlah data (n), perhitungan jumlah kelas dengan menggunakan Persamaan 2.20. Berikut ini adalah perhitungan jumlah kelas:

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } 10 = 4,3 \approx 5 \text{ kelas}$$

- c. Langkah selanjutnya adalah perhitungan derajat kebebasan (Dk) dengan persamaan 2.19.

$$Dk = K - (p + 1)$$

$$Dk = 5 - (2 + 1) = 2$$

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Nilai χ^2_{cr} dapat ditentukan dengan Lampiran 6. Diketahui nilai $Dk = 2$ dan $\alpha = 5\%$ sehingga didapatkanlah nilai $\chi^2_{cr} = 5,991$.

- d. Kemudian menghitung kelas distribusi sesuai dengan jumlah kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini adalah uraian perhitungan kelas distribusi:

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{K} \times 100\%$$

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\%$$

Kelas distribusi = 20 %, interval distribusi adalah : 20 %, 40 %, 60 % dan 80 %.

Persentase 20 % :

$$P(x) = 20 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

Persentase 40 % :

$$P(x) = 40 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

Persentase 60 % :

$$P(x) = 60 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

Persentase 80 % :

$$P(x) = 80 \% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

- e. Selanjutnya perhitungan interval kelas setiap distribusi probabilitas yaitu distribusi probabilitas Normal Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Perhitungan interval kelas untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan interval kelas distribusi probabilitas Normal

Untuk menghitung interval kelas distribusi dilakukan perhitungan nilai hujan rancangan (X_i) pada setiap persentase. Berikut ini contoh perhitungan untuk perhitungan pada persentase 20 % :

$$T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

Untuk mengetahui nilai faktor frekuensi (K_T) digunakanlah Lampiran 4. Berdasarkan Lampiran 4 tersebut dapat diketahui nilai faktor frekuensi (K_T) untuk periode 5 tahun adalah sebesar 0,84. Nilai hujan maksimum rata-rata (\bar{X}) adalah sebesar 109,59 mm dan standar deviasi (S) sebesar 35,574 mm (telah dihitung pada distribusi probabilitas Normal).

Selanjutnya perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7. Berikut ini adalah perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun:

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

$$X_5 = 109,59 + (0,84 \times 35,574)$$

$$X_5 = 139,472 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan hujan rancangan periode lainnya dapat menggunakan langkah yang sama dengan periode 5 tahun. Hasil perhitungan hujan rancangan (X_i) dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Besar Peluang dan Nilai Kelas untuk Distribusi Probabilitas Normal

P (%)	T (Tahun)	K_T	\bar{X} (mm)	S	X (mm)
20	5	0,84	109,59	35,574	139,472
40	2,5	0,25	109,59	35,574	118,484
60	1,67	-0,25	109,59	35,574	100,697
80	1,25	-0,84	109,59	35,574	79,708

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari hujan rancangan (X) yang telah diperoleh sebelumnya, selanjutnya dapat ditentukan besar peluang, nilai batas sub kelas dan nilai χ^2 sebagai berikut:

Tabel 4.27 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Normal

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(Of - Ef)^2$	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
				Of	Ef		
1.	X	<	79,708	2	2	0	0
2.	79,708	-	100,697	3	2	1	0,5
3.	100,697	-	118,484	1	2	1	0,5
4.	118,484	-	139,472	2	2	0	0
5.	139,472	<	X	2	2	0	0
Jumlah				10	10	2	1

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan persamaan 2.21 dapat diketahui nilai χ^2 harus lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} . Nilai χ^2 untuk distribusi Normal adalah 1 sedangkan nilai χ^2_{cr} adalah 5,991. Nilai χ^2 untuk distribusi Normal lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} sehingga distribusi Normal memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

2. Perhitungan interval kelas distribusi probabilitas Log Normal

Untuk menghitung interval kelas distribusi dilakukan perhitungan nilai hujan rancangan (X_i) pada setiap persentase. Berikut ini contoh perhitungan untuk perhitungan pada persentase 20 %:

$$T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

Untuk mengetahui nilai faktor frekuensi (K_T) digunakanlah Lampiran 4. Berdasarkan Lampiran 4 tersebut dapat diketahui nilai faktor frekuensi (K_T) untuk periode 5 tahun adalah sebesar 0,84. Nilai hujan maksimum rata-rata ($\text{Log } \bar{X}$) adalah sebesar 2,0205 mm dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) sebesar 0,135 mm (telah dihitung pada distribusi probabilitas Log Normal).

Selanjutnya perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.10. Berikut ini adalah perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun.

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

$$\text{Log } X_5 = 2,0205 + (0,84 \times 0,135)$$

$$\text{Log } X_5 = 2,1339$$

$$X_5 = 10^{\text{Log } X_5}$$

$$X_5 = 10^{2,1339}$$

$$X_5 = 136,113 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan hujan rancangan periode lainnya dapat menggunakan langkah yang sama dengan periode 5 tahun. Hasil perhitungan hujan rancangan (X) dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Besar Peluang dan Nilai Kelas untuk Distribusi Probabilitas Log Normal

P (%)	T (Tahun)	K_T	$\text{Log } \bar{X}$ (mm)	$S \text{ Log } X$	$\text{Log } X$	X (mm)
20	5	0,84	2,0205	0,135	2,1339	136,113
40	2,5	0,25	2,0205	0,135	2,0543	113,305
60	1,67	-0,25	2,0205	0,135	1,9868	96,995
80	1,25	-0,84	2,0205	0,135	1,9071	80,742

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari hujan rancangan (X) yang telah diperoleh sebelumnya, selanjutnya dapat ditentukan besar peluang dan nilai batas sub kelas sebagai berikut:

Tabel 4.29 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Normal

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(Of - Ef)^2$	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
				Of	Ef		
1.	X	<	80,742	2	2	0	0
2.	80,742	-	96,995	3	2	1	0,5
3.	96,995	-	113,305	1	2	1	0,5
4.	113,305	-	136,113	2	2	0	0
5.	136,113	<	X	2	2	0	0
Jumlah				10	10	2	1

Sumber: Perhitungan, 2020

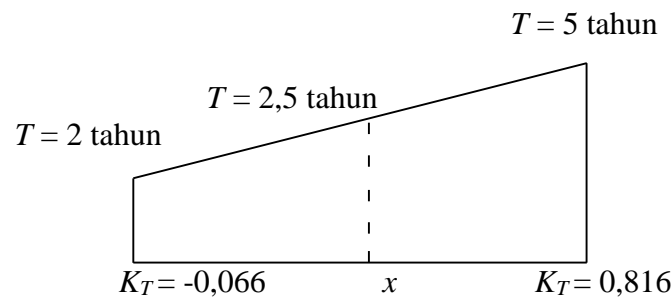
Berdasarkan Persamaan 2.21 dapat diketahui nilai χ^2 harus lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} . Nilai χ^2 untuk distribusi Log Normal adalah 1 sedangkan nilai χ^2_{cr} adalah 5,991. Nilai χ^2 untuk distribusi Log Normal lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} sehingga distribusi Log Normal memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

3. Perhitungan interval kelas distribusi probabilitas Log Pearson III

Untuk menghitung interval kelas distribusi dilakukan perhitungan nilai hujan rancangan (X_i) pada setiap persentase. Berikut ini contoh perhitungan untuk perhitungan pada persentase 20 %:

$$T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

Untuk mengetahui nilai faktor frekuensi (K_T) digunakanlah Lampiran 5.1 atau Lampiran 5.2 sesuai dengan nilai faktor kemencengan (C_s). Nilai C_s telah dihitung pada perhitungan distribusi probabilitas Log Pearson III yang hasilnya sebesar 0,4. Berdasarkan lampiran tersebut dapat diketahui nilai faktor frekuensi (K_T) untuk periode 5 tahun adalah sebesar 0,816. Untuk periode 2,5 tahun tidak diketahui dari tabel tersebut sehingga dilakukan perhitungan interpolasi linear. Berikut ini contoh perhitungan nilai K_T untuk periode 2,5 tahun:



$$\begin{aligned}
 \text{Interpolasi linier} &: \frac{5-2}{0,816 - (-0,066)} = \frac{2,5-2}{X - (-0,066)} \\
 &: \frac{3}{0,882} = \frac{0,5}{X+0,066} \\
 &: 3 \times (X+0,066) = 0,5 \times 0,882 \\
 &: 3X+0,198 = 0,441 \\
 &: 3X = 0,243 \\
 &: X = 0,081
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.13. Berikut ini adalah perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun:

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K_T \times S \text{Log } X \\
 \text{Log } X_5 &= 2,0205 + (0,816 \times 0,135) = 2,1307 \\
 X_5 &= 10^{\text{Log } X_5} \\
 X_5 &= 10^{2,1307} = 135,101 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan hujan rancangan periode lainnya dapat menggunakan langkah yang sama dengan periode 5 tahun. Hasil perhitungan hujan rancangan (X) dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Besar Peluang dan Nilai Kelas untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson III

P (%)	T (Tahun)	K_T	$\text{Log } \bar{X}$ (mm)	$S \text{Log } X$	$\text{Log } X$	X (mm)
20	5	0,816	2,0205	0,135	2,1307	135,101
40	2,5	0,081	2,0205	0,135	2,0314	107,507
60	1,67	-0,163	2,0205	0,135	1,9984	99,654
80	1,25	-0,287	2,0205	0,135	1,9815	95,823

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari hujan rancangan (X) yang telah diperoleh sebelumnya, selanjutnya dapat ditentukan besar peluang dan nilai batas sub kelas sebagai berikut:

Tabel 4.31 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(Of - Ef)^2$	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
				Of	Ef		
1.	X	<	95,823	5	2	9	4,5
2.	95,823	-	99,654	0	2	4	2
3.	99,654	-	107,507	0	2	4	2
4.	107,507	-	135,101	3	2	1	0,5
5.	135,101	<	X	2	2	0	0
Jumlah				10	10	18	9

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan persamaan 2.21 dapat diketahui nilai χ^2 harus lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} . Nilai χ^2 untuk distribusi Log Pearson III adalah 9 sedangkan nilai χ^2_{cr} adalah 5,991. Nilai χ^2 untuk distribusi Log Pearson III lebih besar dari nilai χ^2_{cr} sehingga distribusi Log Pearson III tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

4. Perhitungan interval kelas distribusi probabilitas Gumbel.

Untuk menghitung interval kelas distribusi dilakukan perhitungan nilai hujan rancangan (X_i) pada setiap persentase. Berikut ini contoh perhitungan untuk perhitungan pada persentase 20 %:

$$T = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

Untuk perhitungan nilai *Reduced Variate* (Y_t) digunakanlah Persamaan 2.17. Berikut ini adalah cara perhitungannya.

$$Y_t = -Ln - Ln \frac{T-1}{T}$$

$$Y_t = -Ln - Ln \frac{5-1}{5} = 1,4999$$

Nilai hujan maksimum rata-rata (\bar{X}) = 109,59 mm dan standar deviasi (S) = 35,574 mm (telah dihitung pada distribusi probabilitas Gumbel). Untuk menentukan nilai Y_n dan S_n dapat menggunakan Tabel 2.6 sesuai jumlah data yang digunakan. Dari tabel tersebut diketahui $Y_n = 0,4952$ dan $S_n = 0,9497$, sehingga nilai faktor frekuensi (K) dapat dicari dengan menggunakan

Persamaan 2.16. Berikut ini adalah perhitungan faktor frekuensi (K) untuk periode 5 tahun:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$K = \frac{1,4999 - 0,4952}{0,9497} = 1,0579$$

Selanjutnya perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.15. Berikut ini adalah perhitungan hujan rancangan untuk periode 5 tahun:

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

$$X_5 = 109,59 + (35,574 \times 1,0579) = 147,224$$

Untuk perhitungan hujan rancangan periode lainnya dapat menggunakan langkah yang sama dengan periode 5 tahun. Hasil perhitungan hujan rancangan (X) dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi Probabilitas Gumbel

P (%)	T (Tahun)	Y_t	\bar{X}	S	Y_n	S_n	K	X (mm)
20	5	1,4999	109,59	35,574	0,4952	0,9497	1,0579	147,224
40	2,5	0,6717	109,59	35,574	0,4952	0,9497	0,1858	116,20
60	1,67	0,0907	109,59	35,574	0,4952	0,9497	-0,4259	94,438
80	1,25	-0,4758	109,59	35,574	0,4952	0,9497	-1,0224	73,219

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari hujan rancangan (X) yang telah diperoleh sebelumnya, selanjutnya dapat ditentukan besar peluang dan nilai batas sub kelas sebagai berikut:

Tabel 4.33 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Gumbel

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(Of - Ef)^2$	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
				Of	Ef		
1.	X	<	73,219	1	2	1	0,5
2.	73,219	-	94,438	3	2	1	0,5
3.	94,438	-	116,20	2	2	0	0
4.	116,20	-	147,224	3	2	1	0,5
5.	147,224	<	X	1	2	1	0,5
Jumlah				10	10	4	2

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan Persamaan 2.21 dapat diketahui nilai χ^2 harus lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} . Nilai χ^2 untuk distribusi Gumbel adalah 2 sedangkan nilai χ^2_{cr} adalah 5,991. Nilai χ^2 untuk distribusi Gumbel lebih kecil dari nilai χ^2_{cr} sehingga distribusi Gumbel memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

- f. Bandingkan nilai χ^2 dengan χ_{cr} berdasarkan Persamaan 2.21. Nilai χ^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai χ_{cr} . Rekapitulasi perbandingan nilai χ^2 dengan nilai χ_{cr} dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Rekapitulasi Nilai Chi Kuadrat

No.	Distribusi Probabilitas	χ^2 terhitung	χ^2_{cr}	Keterangan
1.	Normal	1	5,991	Diterima
2.	Log Normal	1	5,991	Diterima
3.	Log Pearson III	9	5,991	Tidak Diterima
4.	Gumbel	2	5,991	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.34 distribusi probabilitas Log Pearson III tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga distribusi probabilitas Log Pearson III tidak dapat digunakan. Untuk distribusi probabilitas Normal, Log Normal dan Gumbel dapat digunakan karena telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Pada uji Smirnov-Kolmogorof dilakukan pengujian pada masing-masing distribusi probabilitas yaitu Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel.

a. Distribusi Probabilitas Normal

Uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Normal dilakukan secara analitis. Adapun langkah-langkah uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Normal (secara analitis) sebagai berikut:

- Langkah pertama dalam melakukan uji Smirnov-Kolmogorof adalah mengurutkan data dari besar ke kecil. Data curah hujan terurut dapat dilihat pada Tabel 4.25.

2. Langkah selanjutnya adalah perhitungan peluang empiris $P(X_i)$ dengan menggunakan Persamaan 2.22. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 10 data. Perhitungan peluang empiris $P(X_i)$ untuk $i = 1$ dapat dilihat sebagai berikut:

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

$$P(X_1) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Untuk perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ memerlukan nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) dan standar deviasi (S). Nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) dan standar deviasi (S) telah dihitung pada perhitungan distribusi probabilitas Normal. Hasil perhitungan rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) adalah sebesar 109,59 mm sedangkan hasil perhitungan standar deviasi (S) sebesar 35,574 mm. Untuk perhitungan $f(t)$ digunakan persamaan yang sama untuk perhitungan K_T . Perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ untuk $i = 1$ dapat dilihat sebagai berikut:

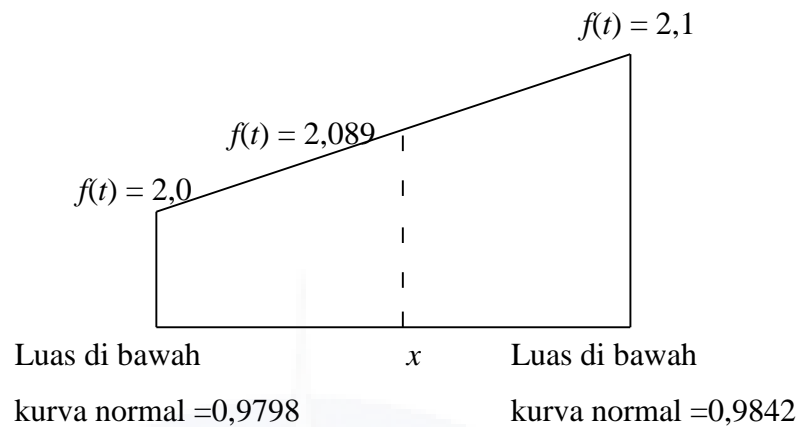
$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \text{ atau } \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

Dengan $K_T = f(t)$

$$f(t) = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

$$f(t) = \frac{183,9 - 109,59}{35,574} = 2,089$$

4. Setelah itu dilakukan perhitungan peluang teoritis $P'(X_i)$ dengan persamaan $= 1 -$ luas di bawah kurva normal. Luas di bawah kurva normal ditentukan berdasarkan nilai derajat kepercayaan (α) dan faktor frekuensi $f(t)$. Tabel luas di bawah kurva normal dapat dilihat pada Lampiran 7.1 – 7.4. Untuk nilai faktor frekuensi $f(t)$ yang tidak terdapat pada lampiran tersebut maka ditentukan dengan cara interpolasi linear. Berikut ini adalah contoh interpolasi linier untuk faktor frekuensi $f(t) = 2,089$.



$$\begin{aligned}
 \text{Interpolasi linier} &: \frac{2,1-2}{0,9842-0,9798} = \frac{2,089-2}{x-0,9798} \\
 &: \frac{0,1}{0,0044} = \frac{0,89}{x-0,9798} \\
 &: 0,1 \times (x - 0,9798) = 0,0044 \times 0,89 \\
 &: 0,1x - 0,09798 = 0,0003916 \\
 &: 0,1x = 0,09837 \\
 &: x = 0,9837
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai luas di bawah kurva normal selanjutnya dihitung peluang teoritis $P'(X_i)$. Berikut ini adalah contoh perhitungan interpolasi linear untuk faktor frekuensi $i = 1$.

$$P'(X_i) = 1 - \text{luas di bawah kurva normal}$$

$$P'(X_1) = 1 - 0,9837 = 0,0163$$

5. Selanjutnya dihitung ΔP dengan Persamaan 2.23. Berikut ini adalah perhitungan ΔP untuk faktor frekuensi $i = 1$.

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

$$\Delta P_1 = 0,01630 - 0,091 = -0,0747$$

Adapun untuk perhitungan (ΔP_i) untuk nomor urut selanjutnya yaitu dengan i lainnya dapat dihitung dengan menggunakan langkah yang sama.

Berikut rekapitulasi dari hasil perhitungan untuk uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Normal secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Uji Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Probabilitas Normal

i	X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	Luas Wilayah di Bawah Kurva Normal	$P'(X_i)$	ΔP_i
1	183,9	0,091	2,089	0,9837	0,0163	-0,0747
2	141,4	0,182	0,894	0,8273	0,1727	-0,0093
3	128,4	0,273	0,529	0,7185	0,2815	0,0085
4	124,7	0,364	0,425	0,6824	0,3176	-0,0464
5	108,4	0,455	-0,033	0,4670	0,533	0,078
6	94,6	0,545	-0,421	0,3190	0,681	0,136
7	87	0,636	-0,635	0,2469	0,7531	0,1171
8	84,4	0,727	-0,708	0,2243	0,7757	0,0487
9	73,6	0,818	-1,011	0,1445	0,8555	0,0375
10	69,5	0,909	-1,127	0,2117	0,7883	-0,1207

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.35 diketahui nilai simpangan maksimum (ΔP maksimum) = 0,1171. Jika jumlah data 10 dan derajat kepercayaan (α) adalah 5% maka dari Tabel 2.8 didapatkan nilai ΔP kritis = 0,41. Jadi nilai ΔP maksimum < ΔP kritis, sehingga distribusi probabilitas Normal dapat diterima untuk menganalisis data hujan.

b. Uji Distribusi Log Normal

Uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Log Normal dilakukan secara analitis. Adapun langkah-langkah uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Log Normal (secara analitis) sebagai berikut:

1. Langkah pertama dalam melakukan uji Smirnov-Kolmogorof adalah mengurutkan data dari besar ke kecil. Data curah hujan terurut dapat dilihat pada Tabel 4.25.
2. Langkah selanjutnya adalah perhitungan peluang empiris $P(X_i)$ dengan menggunakan Persamaan 2.22. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 10 data. Nilai peluang empiris $P(X_i)$ telah dihitung pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi probabilitas Normal. Untuk hasil perhitungan nilai peluang empiris $P(X_i)$ dapat dilihat pada Tabel 4.35.

3. Untuk perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ memerlukan nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$). Nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) telah dihitung pada perhitungan distribusi probabilitas Log Normal. Hasil perhitungan rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) adalah sebesar 2,0205 mm sedangkan hasil perhitungan standar deviasi ($S \text{ log } X$) sebesar 0,135 mm. Nilai $\text{Log } X_i$ untuk dihitung dari nomor urut 1 ($i = 1$) sampai 10 ($i = 10$). Perhitungan $\text{Log } X_i$ untuk $i = 1$ dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Log } X_i = \text{Log } 183,9 = 2,265$$

Untuk perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ digunakan persamaan yang sama untuk perhitungan K_T . Perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ untuk $i = 1$ dapat dilihat sebagai berikut:

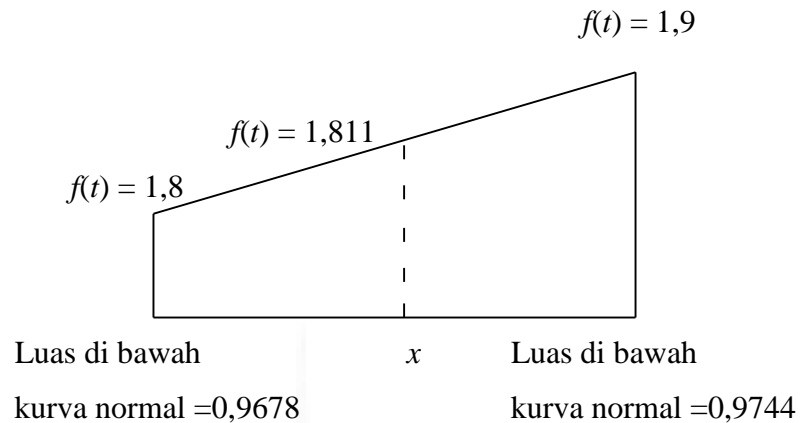
$$K_T = \frac{\text{Log } X_T - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X} \text{ atau } \frac{\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X}$$

Dengan $K_T = f(t)$

$$f(t) = \frac{\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X}$$

$$f(t) = \frac{2,265 - 2,0205}{0,135} = 1,811$$

4. Setelah itu dilakukan perhitungan peluang teoritis $P'(X_i)$ dengan persamaan $= 1 -$ luas di bawah kurva normal. Luas di bawah kurva normal ditentukan berdasarkan nilai derajat kepercayaan (α) dan faktor frekuensi $f(t)$. Tabel luas di bawah kurva normal dapat dilihat pada Lampiran 7.1-7.4. Untuk nilai faktor frekuensi $f(t)$ yang tidak terdapat pada lampiran tersebut maka ditentukan dengan cara interpolasi linear. Perhitungan interpolasi linear untuk faktor frekuensi $f(t) = 1,811$ dapat dilihat sebagai berikut:



Interpolasi linier: $\frac{1,9 - 1,8}{0,9744 - 0,9678} = \frac{1,811 - 1,8}{X - 0,9678}$

$$: \frac{0,1}{0,0066} = \frac{0,011}{X - 0,9678}$$

$$: 0,1 \times (X - 0,9678) = 0,0066 \times 0,011$$

$$: 0,1X - 0,09678 = 0,0000726$$

$$: 0,1X = 0,09685$$

$$: X = 0,9685$$

Setelah didapatkan nilai luas di bawah kurva normal selanjutnya dihitung peluang teoritis $P'(X_i)$. Berikut ini adalah contoh perhitungan interpolasi linear untuk faktor frekuensi $i = 1$.

$$P'(X_i) = 1 - \text{luas di bawah kurva normal}$$

$$P'(X_1) = 1 - 0,9685 = 0,0315$$

5. Selanjutnya dihitung ΔP dengan Persamaan 2.23. Berikut ini adalah perhitungan ΔP untuk faktor frekuensi $i = 1$.

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

$$\Delta P_1 = 0,0315 - 0,091 = -0,0595$$

Adapun untuk perhitungan (ΔP_i) untuk nomor urut selanjutnya yaitu dengan i lainnya dapat dihitung dengan menggunakan langkah yang sama.

Berikut rekapitulasi dari hasil perhitungan untuk uji Smirnov Kolmogorof pada Distribusi Probabilitas Log Normal secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Uji Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Probabilitas Log Normal

i	X_i	$\text{Log } X_i$	$P(X_i)$	$f(t)$	Luas Wilayah di Bawah Kurve Normal	$P'(X_i)$	ΔP_i
1	183,9	2,265	0,091	1,811	0,9685	0,0315	-0,0595
2	141,4	2,150	0,182	0,959	0,8432	0,1568	-0,0252
3	128,4	2,109	0,273	0,656	0,7597	0,2403	-0,0327
4	124,7	2,096	0,364	0,559	0,7219	0,2781	-0,0859
5	108,4	2,035	0,455	0,107	0,5623	0,4377	-0,0173
6	94,6	1,976	0,545	-0,33	0,3522	0,6478	0,1028
7	87	1,940	0,636	-0,596	0,2591	0,7409	0,1049
8	84,4	1,926	0,727	-0,7	0,2266	0,7734	0,0464
9	73,6	1,867	0,818	-1,137	0,1179	0,8821	0,0641
10	69,5	1,842	0,909	-1,322	0,0852	0,9148	0,0058

Sumber: Perhitungan, 2020

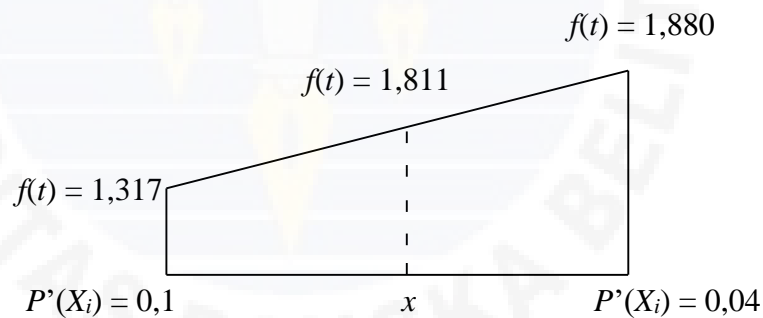
Dari Tabel 4.36 diketahui nilai simpangan maksimum (ΔP maksimum) = 0,1028. Jika jumlah data 10 dan derajat kepercayaan (α) adalah 5 % maka dari Tabel 2.8 didapatkan nilai ΔP kritis = 0,41. Jadi nilai ΔP maksimum < ΔP kritis, sehingga distribusi probabilitas Log Normal dapat diterima untuk menganalisis data hujan.

c. Uji Distribusi Log Pearson III

Uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Log Normal dilakukan secara analitis. Adapun langkah-langkah uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Log Pearson III (secara analitis) sebagai berikut.

1. Langkah pertama dalam melakukan uji Smirnov-Kolmogorof adalah mengurutkan data dari besar ke kecil. Data curah hujan terurut dapat dilihat pada Tabel 4.25.
2. Langkah selanjutnya adalah perhitungan peluang empiris $P(X_i)$ dengan menggunakan Persamaan 2.22. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 10 data. Nilai peluang empiris $P(X_i)$ telah dihitung pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi probabilitas Normal. Untuk hasil perhitungan nilai peluang empiris $P(X_i)$ dapat dilihat pada Tabel 4.35.

3. Untuk perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ memerlukan nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$). Nilai rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) dan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) telah dihitung pada perhitungan distribusi probabilitas Log Normal. Hasil perhitungan rata-rata hujan maksimum ($\text{Log } \bar{X}$) adalah sebesar 2,0205 mm sedangkan hasil perhitungan standar deviasi ($S \text{ Log } X$) sebesar 0,135 mm. Nilai $\text{Log } X_i$ untuk dihitung dari nomor urut 1 ($i = 1$) sampai 10 ($i = 10$). Perhitungan $\text{Log } X_i$ dan $f(t)$ telah dihitung pada uji Smirnov-Kolmogorof distribusi probabilitas Log Normal. Untuk hasil nilai $\text{Log } X_i$ dan $f(t)$ dapat dilihat pada Tabel 4.36.
4. Nilai peluang teoritis $P'(X_i)$ ditentukan berdasarkan nilai C_s . Nilai C_s telah dihitung pada analisis distribusi probabilitas Log Pearson III yaitu sebesar 0,4. Untuk perhitungan nilai peluang teoritis $P'(X_i)$ digunakan Lampiran 5.1. Untuk nilai $f(t)$ yang tidak terdapat pada Lampiran 5.1 maka ditentukan dengan cara interpolasi linear. Perhitungan interpolasi linear untuk faktor frekuensi $f(t) = 1,811$ adalah sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Interpolasi linier} &: \frac{1,880-1,317}{0,04-0,1} = \frac{1,811-1,317}{x-0,1} \\ &: \frac{0,563}{-0,06} = \frac{0,494}{x-0,1} \\ &: 0,563 \times (x-0,1) = -0,06 \times 0,494 \\ &: 0,563x - 0,0563 = -0,02964 \\ &: 0,563x = 0,02666 \\ &: x = 0,0474 \\ &P'(X_i) = 0,0474 \end{aligned}$$

5. Selanjutnya dihitung ΔP dengan Persamaan 2.23. Berikut ini adalah perhitungan ΔP untuk faktor frekuensi $i = 1$.

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

$$\Delta P_1 = 0,0474 - 0,091 = -0,0436$$

$$\Delta P_1 = -0,0436$$

Adapun untuk perhitungan (ΔP_i) untuk nomor urut selanjutnya yaitu dengan i lainnya dapat dihitung dengan menggunakan langkah yang sama.

Berikut rekapitulasi dari hasil perhitungan untuk uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Log Pearson III secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Uji Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson III

i	X_i	$\text{Log } X_i$	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	ΔP_i
1	183,9	2,265	0,091	1,811	0,0474	-0,0436
2	141,4	2,150	0,182	0,959	0,1715	-0,0105
3	128,4	2,109	0,273	0,656	0,2544	-0,0186
4	124,7	2,096	0,364	0,559	0,2874	-0,0766
5	108,4	2,035	0,455	0,107	0,4412	-0,0138
6	94,6	1,976	0,545	-0,33	0,5898	0,0448
7	87	1,940	0,636	-0,596	0,6803	0,0443
8	84,4	1,926	0,727	-0,7	0,7156	-0,0114
9	73,6	1,867	0,818	-1,137	0,8643	0,0463
10	69,5	1,842	0,909	-1,322	0,9272	0,0182

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.37 diketahui nilai simpangan maksimum (ΔP maksimum) = 0,0463. Jika jumlah data 10 dan derajat kepercayaan (α) adalah 5 % maka dari Tabel 2.8 didapatkan nilai ΔP kritis = 0,41. Jadi nilai ΔP maksimum < ΔP kritis, sehingga distribusi probabilitas Log Pearson III dapat diterima untuk menganalisis data hujan.

d. Uji Distribusi Gumbel

Uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Gumbel dilakukan secara analitis. Adapun langkah-langkah uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Gumbel (secara analitis) sebagai berikut.

1. Langkah pertama dalam melakukan uji Smirnov-Kolmogorof adalah mengurutkan data dari besar ke kecil. Data curah hujan terurut dapat dilihat pada Tabel 4.25.
2. Langkah selanjutnya adalah perhitungan peluang empiris $P(X_i)$ dengan menggunakan Persamaan 2.22. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 10 data. Nilai peluang empiris $P(X_i)$ telah dihitung pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi probabilitas Normal. Untuk hasil perhitungan nilai peluang empiris $P(X_i)$ dapat dilihat pada Tabel 4.35.
3. Untuk perhitungan faktor frekuensi $f(t)$ memerlukan nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) dan standar deviasi (S). Nilai rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) dan standar deviasi (S) telah dihitung pada perhitungan distribusi probabilitas Normal. Hasil perhitungan rata-rata hujan maksimum (\bar{X}) adalah sebesar 109,59 mm sedangkan hasil perhitungan standar deviasi (S) sebesar 35,574 mm. Untuk perhitungan $f(t)$ digunakan persamaan yang sama untuk perhitungan K . Perhitungan $f(t)$ telah dihitung pada uji Smirnov-Kolmogorof distribusi probabilitas Normal dan untuk hasil nilai $f(t)$ dapat dilihat pada Tabel 4.35.
4. Sebelum menghitung nilai peluang teoritis $P'(X_i)$, diperlukan nilai *reduced variate* (Yt). Perhitungan nilai Yt diperoleh membutuhkan nilai *reduced mean* (Yn) dan *reduced standard* (Sn). Nilai *reduced mean* (Yn) dan *reduced standard* (Sn) ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.6. Jumlah data yang digunakan adalah 10. Dari tabel tersebut diperoleh nilai $Yn = 0,4952$ dan $Sn = 0,9497$. Untuk menghitung nilai Yt dapat digunakan persamaan. Perhitungan nilai Yt untuk $i = 1$ adalah sebagai berikut.

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}, \text{ dengan } K = f(t)$$

$$f(t) = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

$$Yt = f(t) \times Sn + Yn = 2,089 \times 0,9497 + 0,4952 = 2,4791$$

Periode ulang (T) dapat diperoleh setelah mengitung nilai Yt pada perhitungan sebelumnya sebesar 2,4791. Nilai T untuk $i = 1$ dapat dihitung

dengan menggunakan Persamaan 2.17. Perhitungan nilai T untuk $i = 1$ adalah sebagai berikut:

$$Y_t = -Ln - Ln \frac{T-1}{T}$$

$$-e^{-Y_t} = -2,718^{-2,4791} = -0,0838$$

$$T = \frac{1}{(1-e^{-Y_t})} = \frac{1}{1-2,718^{-0,0838}} = 12,441 \text{ tahun}$$

Nilai peluang teoritis $P'(X_i)$ dapat dihitung setelah mengetahui nilai periode ulang (T). Perhitungan nilai $P'(X_i)$ untuk $i = 1$ adalah sebagai berikut:

$$P'(X_i) = \frac{1}{T} = \frac{1}{12,441} = 0,0804$$

5. Selanjutnya dihitung ΔP dengan Persamaan 2.23. Berikut ini adalah perhitungan ΔP untuk faktor frekuensi $i = 1$.

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) = 0,091 - 0,091$$

$$\Delta P_i = -0,0106$$

Adapun untuk perhitungan (ΔP_i) untuk nomor urut selanjutnya yaitu dengan i lainnya dapat dihitung dengan menggunakan langkah yang sama.

Berikut rekapitulasi dari hasil perhitungan uji Smirnov Kolmogorof pada distribusi probabilitas Gumbel secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Uji Smirnov Kolmogorof untuk Distribusi Probabilitas Gumbel

i	X_i	$P(X_i)$	$f(t)$	Y_t	T	$P'(X_i)$	ΔP_i
1	183,9	0,091	2,089	2,4791	12,441	0,0804	-0,0106
2	141,4	0,182	0,894	1,3442	4,3568	0,2295	0,0475
3	128,4	0,273	0,529	0,9976	3,2424	0,3084	0,0354
4	124,7	0,364	0,425	0,8988	2,9907	0,3344	-0,0296
5	108,4	0,455	-0,033	0,4639	2,1423	0,4668	0,0118
6	94,6	0,545	-0,421	0,0953	1,6749	0,5970	0,0521
7	87	0,636	-0,635	-0,1079	1,4889	0,6717	0,0357
8	84,4	0,727	-0,708	-0,1772	1,4349	0,6969	-0,0301
9	73,6	0,818	-1,011	-0,465	1,2556	0,7964	-0,0216
10	69,5	0,909	-1,127	-0,5751	1,2036	0,8309	-0,0781

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.38 diketahui nilai simpangan maksimum (ΔP maksimum) = 0,0521. Jika jumlah data 10 dan derajat kepercayaan (α) adalah 5 % maka dari

Tabel 2.8 didapatkan nilai ΔP kritis = 0,41. Jadi nilai ΔP maksimum $<$ ΔP kritis, sehingga distribusi probabilitas Gumbel dapat diterima untuk menganalisis data hujan.

Tabel 4.39 Nilai Rekapitulasi Smirnov-Kolmogorof

No.	Distribusi Probabilitas	ΔP maksimum	ΔP kritis	Keterangan
1.	Normal	0,1171	0,41	Diterima
2.	Log Normal	0,1028	0,41	Diterima
3.	Log Pearson III	0,0463	0,41	Diterima
4.	Gumbel	0,0521	0,41	Diterima

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.39 menunjukkan bahwa semua distribusi probabilitas dapat diterima sesuai dengan persyaratan yaitu ΔP maksimum $<$ ΔP kritis. Namun, yang paling baik untuk menganalisis seri data hujan adalah distribusi probabilitas Log Pearson III dan Gumbel, karena memiliki nilai ΔP maksimum terkecil.

Setelah dilakukan pengujian berupa uji Chi-Kuadrat (χ^2) dan Smirnov Kolmogorof pada setiap distribusi probabilitas yaitu Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel dapat disimpulkan bahwa hujan rancangan (R_{24}) yang digunakan adalah hujan rancangan pada distribusi probabilitas Gumbel karena distribusi probabilitas tersebut memiliki nilai terbaik pada kedua pengujian yakni pengujian Chi-Kuadrat (χ^2) dan Smirnov Kolmogorof. Pada uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Probabilitas Gumbel memiliki nilai χ^2 terhitung $<$ χ^2_{cr} dengan selisih paling besar, sedangkan pada uji Smirnov Kolmogorof untuk distribusi probabilitas Gumbel memiliki nilai ΔP maksimum terkecil.

4.10 Perhitungan Debit Puncak (Q_p) Menggunakan Metode Haspers

Untuk perhitungan debit puncak (Q_p) menggunakan metode Haspers dibutuhkan parameter panjang sungai (L) dan luas DAS (A) didapatkan menggunakan *software ArcGis 10.3*. Hasil dari pengolahan dari *software ArGis 10.3* untuk panjang sungai (L) dan luas DAS Air Bara (A) adalah sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS (A)} = 161,218 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 121,47 \text{ km}$$

Selain itu juga dibutuhkan peta kontur untuk menentukan nilai kemiringan sungai rata-rata (S). Peta kontur DAS Air Bara dapat dilihat pada Lampiran 9.

Setelah semua parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan debit puncak dengan menggunakan metode Haspers telah didapatkan, berikut ini adalah tahapan perhitungan debit puncak dengan metode tersebut:

1. Hitung nilai koefisien pengaliran (α) ditentukan dengan Persamaan 2.25.

Perhitungan nilai koefisien pengaliran (α) adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,075 \times A^{0,7}} = \frac{1 + 0,012 \times 161,218^{0,7}}{1 + 0,075 \times 161,218^{0,7}} = 0,39$$

2. Hitung kemiringan sungai rata-rata (S) berdasarkan Lampiran 9 dan Persamaan 2.28. Perhitungan kemiringan sungai rata-rata (S) adalah sebagai berikut:

$$\text{Elevasi Hulu} = 62,5 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi Hilir} = 5 \text{ m}$$

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

$$S = \frac{62,5 - 5}{0,9 \times 121470} = 0,00053$$

3. Hitung nilai waktu konsentrasi (t_c) ditentukan dengan Persamaan 2.27.

Perhitungan nilai waktu konsentrasi (t_c) adalah sebagai berikut:

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3}$$

$$t_c = 0,1 \times 121,47^{0,8} \times 0,00053^{-0,3} = 44,7 \text{ jam}$$

4. Hitung nilai koefisien reduksi (β) ditentukan dengan Persamaan 2.26.

Perhitungan nilai koefisien reduksi (β) adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,7 \times 10^{0,4 \times t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{44,7 + 3,7 \times 10^{0,4 \times 44,7}}{44,7^2 + 15} \times \frac{161,218^{3/4}}{12} = 1,083$$

$$\beta = 0,92$$

5. Oleh karena $t = 44,7$ jam maka nilai r dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.31. Perhitungan nilai r membutuhkan nilai hujan rancangan (R_{24}). Hujan rancangan yang digunakan (R_{24}) adalah hujan rancangan pada distribusi probabilitas Gumbel. Nilai hujan rancangan (R_{24}) pada distribusi probabilitas Gumbel adalah sebesar 237,194 mm. Nilai hujan rancangan (R_{24}) yang digunakan adalah hujan rancangan periode ulang 50 tahun sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.38 Tahun 2011 tentang sungai. Perhitungan nilai r adalah sebagai berikut:

$$r = 0,707 \times R_{24} \times (t+1)^{1/2}$$

$$r_{50} = 0,707 \times 237,194 \times (44,7+1)^{1/2} = 1133,656 \text{ mm}$$

6. Besarnya intensitas hujan (I) dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.32. Perhitungan intensitas hujan (I) adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{r}{3,6 \times t}$$

$$I = \frac{1133,656}{3,6 \times 44,7} = 7,04 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

7. Setelah semua parameter yang dibutuhkan untuk menghitung debit puncak (Q_p) telah didapatkan selanjutnya hitung nilai debit puncak dengan menggunakan Persamaan 2.24. Perhitungan nilai debit puncak (Q_p) adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \alpha \times \beta \times I \times A$$

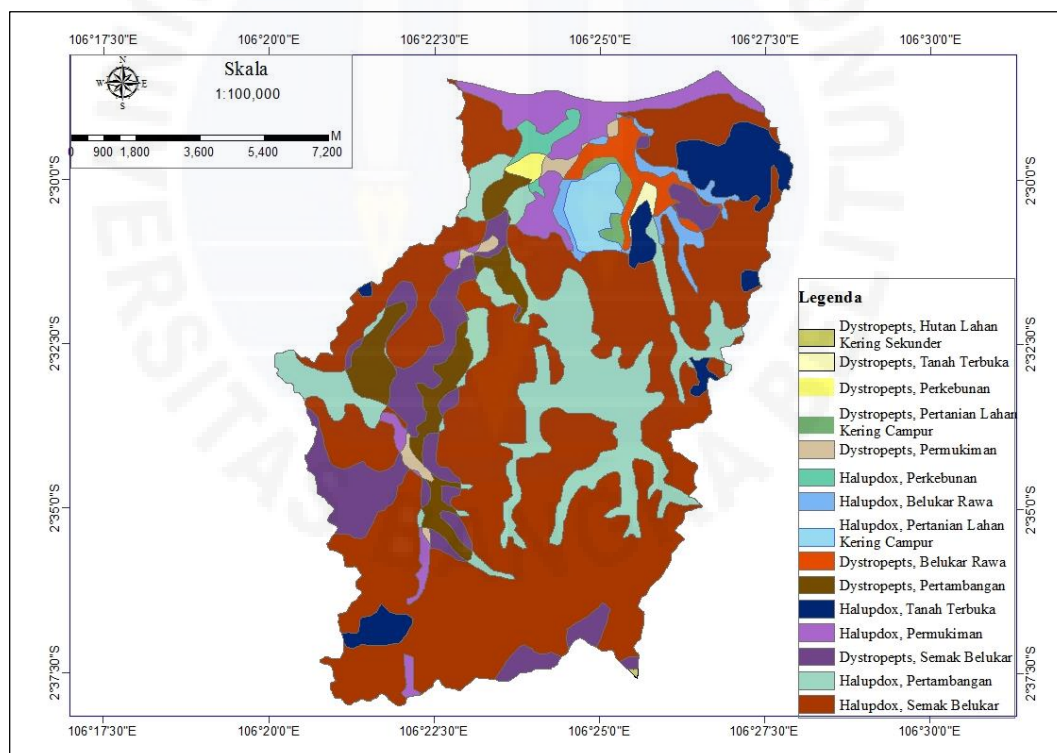
$$Q_p = 0,39 \times 0,92 \times 7,04 \times 161,218 = 407,229 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Hasil perhitungan debit puncak (Q_p) di DAS Air Bara adalah sebesar 407,229 m³/dt. Nilai debit puncak di DAS Air Bara tergolong cukup tinggi. Hal itu disebabkan karena hujan rancangan (R_{24}) di DAS Air Bara cukup tinggi. Debit puncak (Q_p) merupakan faktor yang mempengaruhi perhitungan hasil sedimen. Faktor limpasan lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan hasil sedimen dengan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) selain debit limpasan (Q_p) adalah faktor nilai volume limpasan (V_q).

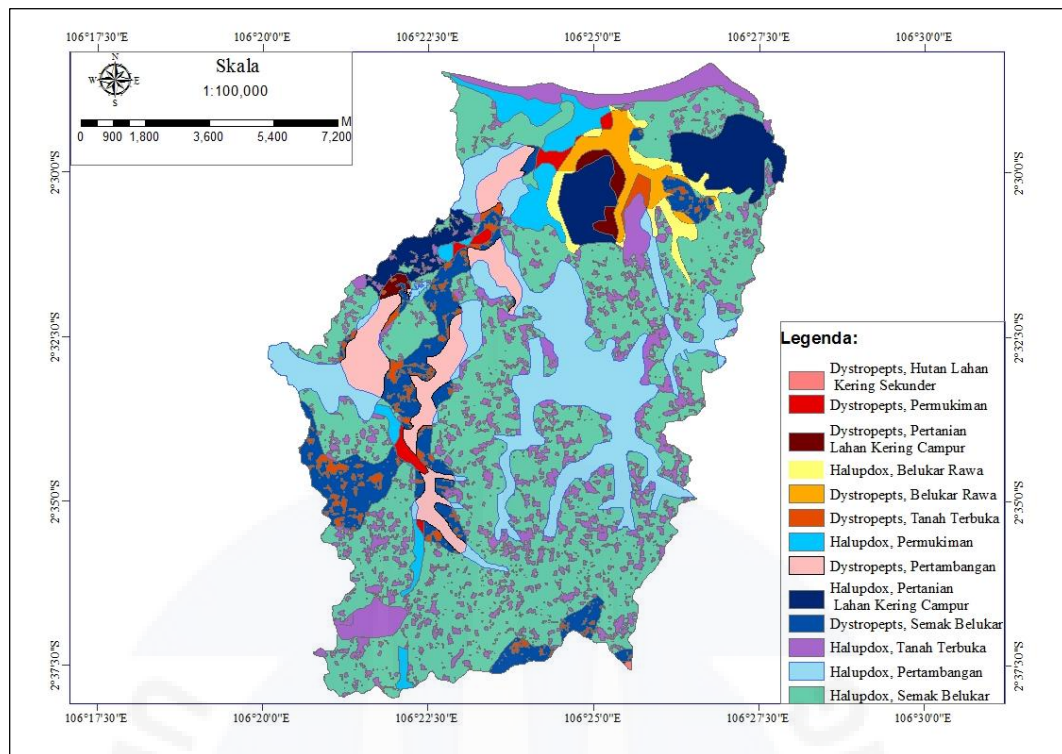
4.11 Perhitungan Volume Limpasan (Vq)

Faktor volume limpasan (Vq) merupakan faktor yang mempengaruhi hasil sedimen setiap tahun pada DAS Air Bara. Hal itu dikarenakan nilai koefisien pengaliran (C) dan curah hujan maksimum tahunan setiap tahun tidaklah sama. Nilai volume limpasan dipengaruhi oleh nilai *Curve number* (CN). Nilai CN dapat ditentukan berdasarkan tutupan lahan dan jenis tanahnya. Nilai CN dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.13.

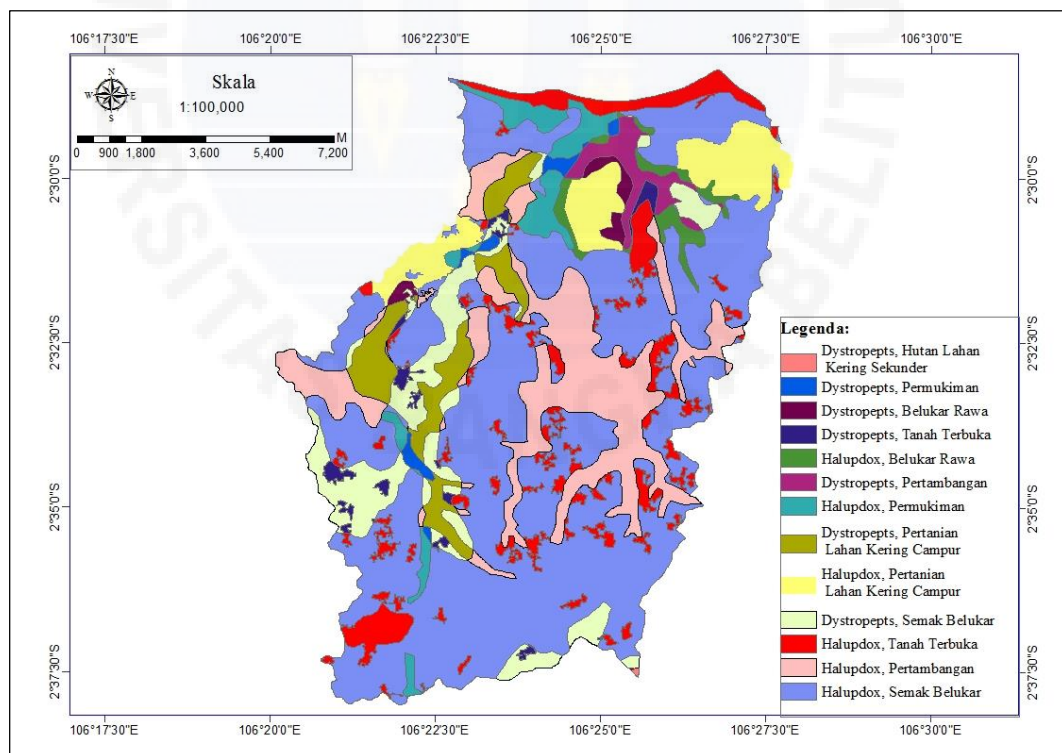
Sebelum menentukan *Curve Number* (CN) terlebih dahulu unuk menentukan pengelompokkan tanah secara hidrologi (kelas tanah). Dari data jenis tanah dapat diketahui kelas tanah berdasarkan tekstur tanahnya. Ketentuan tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 2.14. Jadi untuk mendapatkan nilai CN maka peta tutupan lahan dilakukan *overlay* dengan peta jenis tanah. Untuk *overlay* peta tutupan lahan dan jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 4.6 – 48.



Gambar 4.6 *Overlay* Peta Tutupan Lahan dan Jenis Tanah Tahun 2010 – 2014



Gambar 4.7 *Overlay* Peta Tutupan Lahan dan Jenis Tanah Tahun 2015



Gambar 4.8 *Overlay* Peta Tutupan Lahan dan Jenis Tanah Tahun 2016 – 2019

Gambar 4.6 sampai dengan 4.8 merupakan gambar *overlay* tutupan lahan dan jenis tanah. Satu jenis tata guna lahan dapat terdapat lebih dari satu jenis tanah. Hal ini dapat terjadi dikarenakan satu jenis tutupan lahan berada di perbatasan dua jenis tanah yang berbeda. Satu jenis tutupan lahan juga dapat memiliki lebih dari satu jenis tanah karena tutupan lahannya tersebar di beberapa tempat yang berbeda-beda jenis tanahnya. Gambar 4.6 – 4.8 digunakan untuk menentukan nilai *Curve Number (CN)* pada suatu tutupan lahan berdasarkan jenis tanahnya.

Sebelum melakukan perhitungan nilai *Curve Number (CN)*, terlebih dahulu untuk mengetahui pengelompokkan tanah secara hidrologi (kelas tanah) berdasarkan tekstur tanah. Untuk mengetahui kelas tanah maka harus diketahui terlebih dahulu sifat-sifat jenis tanah Berikut ini sifat-sifat jenis tanah yang terdapat di DAS Air Bara (Suripin, 2001):

1. *Halupdox* : Tanah dengan kadar liat lebih dari 60%, remah sampai gumpal, gembur, warna merah seragam, solum dalam (>150 cm).
2. *Dystropepts* : Tanah dengan horison penimbunan liat, dan kejenuhan basa kurang dari 50% tidak horison albik.

Berdasarkan penjelasan di atas dan Tabel 2.14 dapat diambil kesimpulan bahwa tanah *halupdox* mempunyai kelas tanah D. Hal itu dikarenakan tanah *halupdox* memiliki kadar liat yang tinggi sehingga tanah ini laju meloloskan airnya sangat lambat. Akibat dari sangat lambatnya tanah ini untuk meloloskan air maka potensi limpasannya tinggi. Untuk tanah *dystropepts* mempunyai kelas C karena memiliki kadar liat yang sedang dan tanah ini laju meloloskan airnya lambat sehingga potensi limpasannya agak tinggi.

Setelah didapatkan pengelompokkan tanah secara hidrologi (kelas tanah), maka dapat ditentukan nilai *CN*. Berdasarkan Gambar 4.7 dapat ditentukan nilai *CN* untuk tahun 2010 – 2014. Nilai *CN* untuk tahun 2010 – 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Perhitungan *Curve Number (CN)* Tahun 2010 – 2014

No.	Jenis Tanah dan Penggunaan Lahan	Kelompok Tanah	Angka CN	Luas (Ha)	CN x Luas
1.	<i>Dystropepts</i> , Hutan Lahan Kering Sekunder	C	77	4,130	318,01
2.	<i>Dystropepts</i> , Belukar	C	77	1383,140	106501,8
3.	<i>Dystropepts</i> , Perkebunan	C	72	56,419	4062,168
4.	<i>Dystropepts</i> , Permukiman	C	79	123,432	9751,128
5.	<i>Dystropepts</i> , Tanah Terbuka	C	91	36,952	3362,632
6.	<i>Dystropepts</i> , Belukar Rawa	C	98	285,606	27989,39
7.	<i>Dystropepts</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	C	78	92,244	7195,032
8.	<i>Dystropepts</i> , Pertambangan	C	91	745,576	67847,42
9.	<i>Halupdox</i> , Belukar	D	82	8795,637	721242,2
10.	<i>Halupdox</i> , Perkebunan	D	79	124,689	9850,431
11.	<i>Halupdox</i> , Permukiman	D	84	832,902	69963,77
12.	<i>Halupdox</i> , Tanah Terbuka	D	94	796,994	74917,44
13.	<i>Halupdox</i> , Belukar Rawa	D	98	237,760	23300,48
14.	<i>Halupdox</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	D	81	284,030	23006,43
15.	<i>Halupdox</i> , Pertambangan	D	98	2322,316	227587
Σ				16121,827	1376895,331
Angka $CN_{komposit} = 1376895,331/16121,827 = 85,406$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.40 diketahui nilai $CN_{komposit}$ di DAS Air Bara adalah sebesar 85,406. Nilai tersebut merupakan gabungan dari nilai luas setiap *overlay* dari jenis tanah dan tutupan lahan dikalikan dengan nilai *C*, lalu dibagi jumlah luas dari DAS Air Bara.

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat ditentukan nilai *CN* untuk tahun 2015. Nilai *CN* untuk tahun 2010 – 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Perhitungan *Curve Number* (*CN*) Tahun 2015

No.	Jenis Tanah dan Penggunaan Lahan	Kelompok Tanah	Angka <i>CN</i>	Luas (Ha)	<i>CN</i> x Luas
1.	<i>Dystropepts</i> , Hutan Lahan Kering Sekunder	C	77	3,560	274,12
2.	<i>Dystropepts</i> , Belukar	C	77	1085,559	83588,043
3.	<i>Dystropepts</i> , Permukiman	C	79	123,026	9719,054
4.	<i>Dystropepts</i> , Tanah Terbuka	C	91	320,544	29169,504
5.	<i>Dystropepts</i> , Belukar Rawa	C	98	285,525	27981,45
6.	<i>Dystropepts</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	C	78	123,553	9637,134
7.	<i>Dystropepts</i> , Pertambangan	C	91	785,731	71501,521
8.	<i>Halupdox</i> , Belukar	D	82	7086,527	581095,214
9.	<i>Halupdox</i> , Permukiman	D	84	539,916	45352,944
10.	<i>Halupdox</i> , Tanah Terbuka	D	94	2199,864	206787,216
11.	<i>Halupdox</i> , Belukar Rawa	D	98	237,507	23275,686
12.	<i>Halupdox</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	D	81	987,309	241972,029
13.	<i>Halupdox</i> , Pertambangan	D	98	2343,206	229634,188
Σ				16121,827	1397988,103
Angka $CN_{komposit} = 1397988,103/16121,827 = 86,714$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.41 diketahui nilai $CN_{komposit}$ di DAS Air Bara adalah sebesar 86,714. Nilai tersebut merupakan gabungan dari nilai luas setiap *overlay* dari jenis tanah dan tutupan lahan dikalikan dengan nilai *C*, lalu dibagi jumlah luas dari DAS Air Bara.

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat ditentukan nilai *CN* untuk tahun 2016 – 2019. Nilai *CN* untuk tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Perhitungan *Curve Number (CN)* Tahun 2016 – 2019

No.	Jenis Tanah dan Penggunaan Lahan	Kelompok Tanah	Angka CN	Luas (Ha)	CN x Luas
1.	<i>Dystropepts</i> , Hutan Lahan Kering Sekunder	C	77	3,560	274,12
2.	<i>Dystropepts</i> , Belukar	C	77	1216,896	93700,99
3.	<i>Dystropepts</i> , Permukiman	C	79	123,387	9747,573
4.	<i>Dystropepts</i> , Tanah Terbuka	C	91	182,003	16562,27
5.	<i>Dystropepts</i> , Belukar Rawa	C	98	285,624	27991,15
6.	<i>Dystropepts</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	C	78	125,619	9798,282
7.	<i>Dystropepts</i> , Pertambangan	C	91	790,409	71927,22
8.	<i>Halupdox</i> , Belukar	D	82	7938,014	650917,1
9.	<i>Halupdox</i> , Permukiman	D	84	540,989	45443,08
10.	<i>Halupdox</i> , Tanah Terbuka	D	94	1306,887	122847,4
11.	<i>Halupdox</i> , Belukar Rawa	D	98	247,753	24279,79
12.	<i>Halupdox</i> , Pertanian Lahan Kering Campur	D	81	1015,576	82261,66
13.	<i>Halupdox</i> , Pertambangan	D	98	2345,110	229820,8
Σ				16121,827	1385571,443
Angka $CN_{komposit} = 1385571,443/16121,827 = 85,944$					

Sumber: Perhitungan, 2020

Dari Tabel 4.42 diketahui nilai $CN_{komposit}$ di DAS Air Bara adalah sebesar 85,944. Nilai tersebut merupakan gabungan dari nilai luas setiap *overlay* dari jenis tanah dan tutupan lahan dikalikan dengan nilai *C*, lalu dibagi jumlah luas dari DAS Air Bara.

Setelah dilakukan perhitungan nilai *Curve Number (CN)* selama 10 tahun dari tahun 2010 – 2019. Berikut rekapitulasi nilai *CN* dari tahun 2010 – 2019 yang tersaji pada Tabel 4.43 di bawah ini.

Tabel 4.43 Rekapitulasi Nilai *CN* Di DAS Air Bara Pada Tahun 2010 -2019

Tahun	<i>Curve Number (CN)</i>
2010	85,406
2011	85,406
2012	85,406
2013	85,406
2014	85,406
2015	86,714
2016	85,944
2017	85,944
2018	85,944
2019	85,944

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.43 diketahui nilai *Curve Number (CN)* dari tahun 2010 – 2014 dan 2016 – 2019 tidak mengalami perubahan. Perubahan nilai *CN* hanya terjadi dari tahun 2014 – 2016. Perubahan nilai *CN* dipengaruhi oleh nilai koefisien pengaliran (*C*) yang mengalami perubahan yang diakibatkan oleh perubahan tutupan lahan. Nilai *CN* terbesar terjadi pada tahun 2015 yaitu sebesar 86,714. Hal ini sesuai dengan nilai koefisien pengaliran (*C*) pada DAS Air Bara yang telah dijelaskan pada Tabel 4.13. Begitu pula dengan nilai *CN* terkecil yang terjadi pada tahun 2010 – 2010 dimana nilai koefisien pengaliran (*C*) juga merupakan nilai terkecil dibanding tahun lainnya. Perubahan nilai *CN* tidak dipengaruhi oleh jenis tanah karena tidak mengalami perubahan setiap tahunnya.

Setelah didapatkan angka *CN*, maka selanjutnya dihitung nilai perbedaan antara curah hujan dan air larian (*S*) dengan menggunakan Persamaan 2.35. Berikut ini perhitungan nilai perbedaan antara curah hujan dan air larian (*S*) untuk tahun 2010.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \frac{25400}{85,406} - 254 = 43,403$$

Adapun untuk nilai perbedaan antara curah hujan dan air larian (S) untuk tahun lainnya dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama dengan tahun 2010.

Sebelum menghitung nilai volume limpasan (Vq) dari periode tahun 2010 – 2019 dilakukan perhitungan kedalaman hujan efektif (Pe). Perhitungan nilai Pe diperlukan data curah hujan maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Perhitungan nilai Pe dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.34. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai kedalaman hujan efektif (Pe) untuk tahun 2010:

$$Pe = \frac{(p-0,2 \cdot S)^2}{p+0,8 \cdot S}$$

$$Pe = \frac{(124,7-0,2 \cdot 43,403)^2}{124,7+0,8 \cdot 43,403} = 84,433 \text{ mm}$$

Adapun untuk nilai kedalaman hujan efektif (Pe) untuk tahun lainnya dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama dengan tahun 2010. Hasil perhitungan kedalaman hujan efektif (Pe) dari periode 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44 Perhitungan Kedalaman Hujan Efektif (Pe) Pada Tahun 2010 -2019

Tahun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)	S	Pe (mm)
2010	124,7	43,403	84,433
2011	87	43,403	50,393
2012	108,4	43,403	69,479
2013	141,4	43,403	100,01
2014	94,6	43,403	57,083
2015	69,5	38,917	37,85
2016	183,9	41,541	142
2017	73,6	41,541	39,904
2018	84,4	41,541	49,22
2019	128,4	41,541	89,227

Sumber: Perhitungan, 2020

Setelah didapatkan nilai Pe , barulah nilai volume limpasan (Vq) dapat dihitung. Volume limpasan dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.33. Berikut ini perhitungan volume limpasan (Vq) untuk tahun 2010.

$$Vq = Pe \times A$$

$$Vq = 0,08443 \times 161218270 = 13.612.142,19 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume limpasan (m^3) tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama dengan tahun 2010. Perhitungan volume limpasan (Vq) dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Perhitungan Volume Limpasan (Vq)

Tahun	Kedalaman Hujan Efektif (m)	Luas DAS (m^2)	Volume Limpasan (m^3)
2010	0,08443	161.218.270	13.612.142,19
2011	0,05039	161.218.270	8.124.272,28
2012	0,06948	161.218.270	11.201.284,18
2013	0,10001	161.218.270	16.123.439,18
2014	0,05708	161.218.270	9.202.822,506
2015	0,03785	161.218.270	6.102.111,52
2016	0,142	161.218.270	22.892.994,34
2017	0,0399	161.218.270	6.433.253,846
2018	0,04922	161.218.270	7.935.163,249
2019	0,08923	161.218.270	14.385.022,58

Sumber: Perhitungan, 2020

Berdasarkan Tabel 4.45 diketahui bahwa nilai kedalaman hujan efektif (Pe) mempunyai hubungan berbanding lurus dengan volume limpasan (Vq). Semakin besar nilai kedalaman hujan efektif (Pe) maka semakin besar pula volume limpasannya (Vq). Nilai kedalaman hujan efektif (Pe) dipengaruhi oleh nilai *Curve Number* (CN) dan curah hujan maksimum tahunan. Semakin besar nilai curah hujan maksimum tahunan maka semakin besar pula nilai kedalaman hujan efektifnya. Sebaliknya semakin besar nilai *Curve Number* (CN) nilai kedalaman hujan efektifnya.

Berdasarkan Tabel 4.45 tersebut juga diketahui bahwa volume limpasan (Vq) terbesar di DAS Air Bara terjadi pada tahun 2016 yaitu sebesar 22.892.994,34 m^3 . Hal itu disebabkan karena pada tahun 2016 memiliki curah hujan maksimum tahunan terbesar dibandingkan dengan tahun lainnya, sehingga didapatkan nilai kedalaman hujan efektif (Pe) yang terbesar. Volume limpasan (Vq) terkecil terjadi pada tahun 2015 yaitu sebesar 6.102.111,52 m^3 . Hal ini juga disebabkan karena

pada tahun 2015 memiliki curah hujan maksimum tahunan terkecil, sehingga juga memiliki nilai kedalaman hujan efektif yang terkecil dibandingkan tahun lainnya.

4.12 Prediksi Hasil Sedimen

Prediksi hasil sedimen dari tahun 2010 – 2019 di DAS Air Bara dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.36. Parameter yang dibutuhkan untuk mencari hasil sedimen telah dihitung pada subbab-subbab sebelumnya. Untuk nilai debit puncak dapat dilihat pada Subbab 4.10, nilai volume limpasan pada Tabel 4.45, nilai erodibilitas tanah (K) pada Tabel 4.1, nilai panjang dan kemiringan lereng (LS) pada tabel 4.2, nilai tutupan lahan (C) pada Tabel 4.3 – 4.12 dan nilai tindakan konservasi yang digunakan adalah 1 (tanpa tindakan konservasi). Adapun cara perhitungan hasil sedimen untuk tahun 2010 adalah sebagai berikut:

$$SY = 11,8(Vq.Qp)^{0,56} . K.C.P.LS$$

$$SY = 11,8(13.612.142,19. 407,229)^{0,56}.0,285.0,422.0,33.1 = 133.986,72 \text{ ton}$$

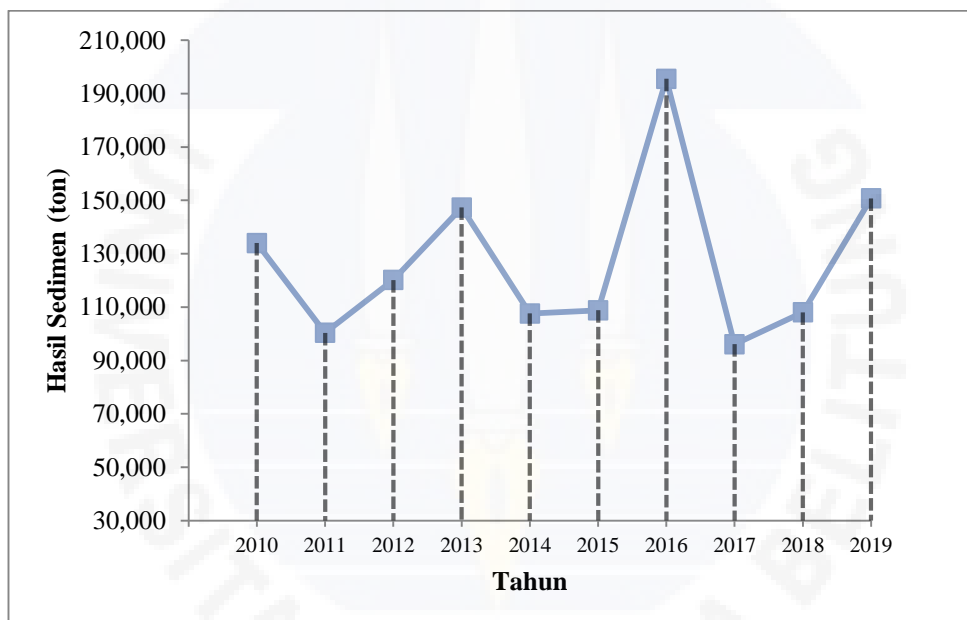
Untuk perhitungan hasil sedimen tahun lainnya dapat dihitung dengan cara yang sama dengan tahun 2010. Perhitungan hasil sedimen di DAS Air Bara dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Perhitungan Hasil Sedimen Menggunakan Metode MUSLE

Tahun	Qp (m^3/s)	Vq (m^3)	K	LS	C	P	Hasil Sedimen (ton)
2010	407,229	13.612.142,19	0,285	0,422	0,33	1	133.986,72
2011	407,229	8.124.272,28	0,285	0,422	0,33	1	100.355,743
2012	407,229	11.201.284,18	0,285	0,422	0,33	1	120.130,395
2013	407,229	16.123.439,18	0,285	0,422	0,33	1	147.312,375
2014	407,229	9.202.822,506	0,285	0,422	0,33	1	107.611,507
2015	407,229	6.102.111,52	0,285	0,422	0,42	1	108.809,586
2016	407,229	22.892.994,34	0,285	0,422	0,36	1	195.562,214
2017	407,229	6.433.253,846	0,285	0,422	0,36	1	96.066,656
2018	407,229	7.935.163,249	0,285	0,422	0,36	1	108.044,528
2019	407,229	14.385.022,58	0,285	0,422	0,36	1	150.758,357
Rata-rata hasil sedimen						ton/thn	126.863,808
						ton/ha/thn	7,869

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4.46 menunjukkan bahwa perubahan nilai hasil sedimen dipengaruhi oleh nilai volume limpasan (Vq) dan koefisien pengaliran (C). Pada periode tahun 2010 – 2014 dan 2016 – 2019 tidak mengalami perubahan tutupan lahan, sehingga nilai koefisien pengaliran (C) sama. Nilai volume limpasan (Vq) lebih bervariasi karena nilai curah hujan maksimum tahunan setiap tahun tidaklah sama. Berdasarkan Tabel 4.46 juga diketahui untuk rata-rata hasil sedimen dari tahun 2010 – 2019 di Das Air Bara yaitu sebesar 126.863,808 ton/thn, sedangkan hasil sedimen rata-rata 10 tahun per 1 ha yaitu sebesar 7,869 ton/ha/thn. Untuk lebih jelas melihat perbedaan hasil sedimen di DAS Air Bara dari tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Sedimen Tahun 2010 -2019

Berdasarkan Gambar 4.9 diketahui hasil sedimen di DAS Air Bara mengalami fluktuatif. Penurunan hasil sedimen terjadi dari tahun 2010 ke tahun 2011 yaitu sebesar 25,10%. Penurunan hasil sedimen juga terjadi pada tahun 2013 ke tahun 2014 sebesar 26,95% dan tahun 2016 ke tahun 2017 sebesar 79,73%.

Dari tahun 2010 – 2019 terjadinya kenaikan hasil sedimen setiap tahunnya lebih dominan ketimbang terjadinya penurunan. Kenaikan hasil sedimen terjadi pada tahun 2011 ke tahun 2012 sebesar 19,71%, tahun 2012 ke tahun 2013 sebesar 22,63, tahun 2014 ke tahun 2015 sebesar 1,11%, tahun 2015 ke tahun

2016 sebesar 50,877%, tahun 2017 ke tahun 2018 sebesar 12,47% dan tahun 2018 ke tahun 2019 sebesar 39,33%. Kenaikan hasil sedimen terbesar terjadi pada tahun 2015 ke tahun 2016 dan penurunan terbesar terjadi pada tahun 2016 ke tahun 2017. Hal ini disebabkan karena nilai volume limpasan (Vq) memiliki hubungan berbanding lurus dengan hasil sedimen. Semakin besar nilai volume limpasan (Vq) maka semakin besar pula hasil sedimennya. Berdasarkan Gambar 4.9 juga diketahui hasil sedimen terbesar di DAS Air Bara terjadi pada tahun 2016 yaitu sebesar 195.562,214 ton, sedangkan hasil sedimen terkecil terjadi pada tahun 2017 yaitu sebesar 96.066,656 ton

4.13 Faktor Yang Paling Mempengaruhi Hasil Sedimen

Faktor yang paling mempengaruhi perubahan hasil sedimen yang dihasilkan pada DAS Air Bara dari tahun 2010 – 2019 adalah faktor volume limpasan (Vq). Nilai volume limpasan (Vq) setiap tahunnya dipengaruhi banyak faktor misalnya curah hujan harian maksimum tahunan dan nilai *Curve Number* (CN). Faktor lainnya yang mempengaruhi hasil sedimen setiap tahunnya adalah tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman (C). Namun berdasarkan perhitungan pada Subbab 4.4 nilai C tidak banyak mengalami perubahan setiap tahunnya. Untuk faktor lainnya tidak mempengaruhi perubahan hasil sedimen karena memiliki nilai yang sama setiap tahunnya.