

PENENTUAN BULAN BASAH DAN BULAN KERING DI DAS SAMBAS

Aflahal¹, Nurhayati², Azwa Nirmala²

¹) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

²) Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : Aflahal36@gmail.com

ABSTRAK

Terjadinya pergantian musim secara terus menerus, sehingga ditemukan beberapa bulan yang tidak seharusnya mengalami musim kemarau, dan mengalami kurangnya kebutuhan air di beberapa wilayah. Dampak dari sering mengalami kekeringan, banyak analisa yang di temukan untuk mengetahui bulan basah dan bulan kering untuk suatu wilayah yang akan di analisa. Lokasi yang akan dianalisa berada di DAS Sambas Kalimantan Barat Indonesia. DAS Sambas memiliki luas yaitu 7.463 km² yang terbentang dari Kabupaten Sambas sampai Kabupaten Bengkayang yang meliputi banyak stasiun hujan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dari hasil perhitungan klasifikasi kekeringan dengan menggunakan *Theory of Run* nilai basah lebih tinggi dari nilai kering, dengan perbandingan nilai selisih basah dan keringnya sangat kecil yaitu 3,62%, jadi di DAS Sambas dari tahun 1989-2018 tidak mengalami kekeringan, tetapi dengan selisih yang kecil kemungkinan di DAS Sambas rawan terjadinya kekeringan. Tingkat kekeringan paling parah terdapat pada bulan Agustus di tahun 1994 dengan persentase 22%, sedangkan nilai basah tertinggi pada bulan Februari tahun 2016 dengan persentase 267 %.

Kata kunci : Kekeringan, DAS Sambas.

ABSTRACT

There was a continuous change of seasons, so it was found that several months were not supposed to experience a dry season, and experienced a lack of water demand in some areas. The impact of frequent drought, many analyzes were found to determine the wet and dry months for an area to be analyzed. The location to be analyzed is in the Sambas watershed, West Kalimantan, Indonesia. The Sambas watershed has an area of 7,463 km², stretching from Sambas Regency to Bengkayang Regency which includes many rain stations which have different characteristics. From the results of the calculation of the drought classification using Theory of Run, the wet value is higher than the dry value, with a very small ratio of the difference between is wet and dry values, namely 3.62%, so in the Sambas watershed from 1989-2018 there was no dryness, but with a different difference. It is unlikely that the Sambas watershed is prone to drought. The worst level of drought was in August in 1994 with a percentage of 22%, while the highest wet value was in February 2016 with a percentage of 267%.

Keywords: Drought, Sambas watershed.

I. Pendahuluan

Latar Belakang

Bencana kekeringan merupakan kejadian bencana yang terjadi secara perlahan-lahan tanpa disadari sedang terjadi. Keadaan seperti ini menyebabkan kurangnya ketersediaan air untuk beberapa sektor. Kekeringan harus sering di lakukan secara relaif terhadap kodnsisi jangka Panjang antara sirkulus hidrologi di suatu wilayah, kondisi seperti ini di sebut normal, agar mendapatkan kriteria kondisi suatu wilayah yang berbeda-beda iklim dan cuacanya. Meskipun demikian, untuk analisis setiap unsur hidrologi, perlu diperhatikan berbagai analisis untuk hasil

terbaik. Untuk menjamin derajat ketelitian yang tinggi, semua sumber ketidakteelitian dan (sumber kesalahan data) harus dikenali, dan kesalahan yang mungkin terjadi dapat dikurangi semaksimal mungkin. Di dalam praktek analisis hidrologi untuk perancangan hal ini jarang dilakukan, kecuali satu atau dua saja. Akan tetapi apabila analisis dilakukan untuk mendukung penelitian, maka semua kemungkinan kesalahan harus diidentifikasi dengan baik.

Penentuan besaran kekeringan bisa dilakukan dengan menghitung besarnya presipitasi dalam waktu tertentu dengan suatu nilai, baik berupa kondisi hujan maupun nilai batas

kurangnya curah hujan. Nilai tersebut dapat telah di tetapkan sesuai kebutuhan di suatu wilayah.

Rumusan Masalah

Bagaimana keadaan bulan kering/kurang di DAS Sambas.

Tujuan Dan Manfaat Penelitian

- Tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah :
 - Mengetahui klasifikasi kekeringan untuk di DAS Sambas.

Batasan Masalah

Di penelitian ini, penulis memberikan pembatasan masalah agar keinginan yang dicapai dapat terarah dan tidak keluar dari permasalahan semula.

Adapun batasan masalah yang dilakukan yaitu :

- Untuk menentukan zona kering digunakan dengan metode *Theory of run*.
- Data curah hujan dan klimatologi yang digunakan untuk keperluan analisa adalah data pengamatan selama 30 tahun terakhir.
- Tidak menggunakan data primer hanya menggunakan data sekunder.
- Luasan pengaruh nilai hujan di DAS Sambas menggunakan *Polygon Thiessen*.

II. Tinjauan Pustaka

Kelengkapan Data

Dalam setiap upaya pengumpulan data hujan, hampir selalu dijumpai sejumlah data yang hilang. Data tersebut harus diperlakukan dengan cara yang betul agar dalam analisis selanjutnya tidak terjadi kesalahan. Cara yang digunakan yaitu:

Metode Reciprocal

Dinilai mempunyai unjuk kerja yang lebih baik karena telah memasukkan jarak antar stasiun sebagai faktor pembobot dan mengikuti persamaan;

$$P_x = \frac{\frac{P_A}{d_{XA}^2} + \frac{P_B}{d_{XB}^2} + \dots + \frac{P_n}{d_{Xn}^2}}{\frac{1}{d_{XA}^2} + \frac{1}{d_{XB}^2} + \dots + \frac{1}{d_{Xn}^2}} \quad (1)$$

Dengan;

- P_x = hujan di stasiun x yang diperkirakan (mm)
- P_A = hujan di stasiun A (mm)
- d_{XA}^2 = jarak antara stasiun A ke stasiun X (km)
- P_B = hujan distasiun B (mm)
- d_{XB}^2 = jarak antara stasiun B ke stasiun X (km)
- P_n = hujan di stasiun ke n (mm)

Hujan Rata-rata

Hujan rata-rata dapat dihitung dengan cara;

Cara Polygon Thiessen

Jika titik didaerah pengamatan itu tidak tersebar, cara perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

Dimana:

- R = nilai hujan daerah
- R_1, R_2, \dots, R_n = nilai hujan di tiap titik pengamatan
- A_1, A_2, A_n = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan

Bagian dari A_1, A_2, \dots, A_n dapat ditentukan dengan cara yaitu :

- Masukkan titik pengamatan dimasing-masing stasiun hujan pada peta topografi, kemudian hubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Garis hubung membentuk garis segitiga
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dengan poligon yang didapat dengan menggambarkan garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segi tiga tersebut. Nilai hujan dalam setiap perhitungan yaitu dipakai nilai hujan dimasing-masing stasiun hujan. Perhitungan lainnya bisa diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Metode Theory of Run

Prinsip perhitungan Theory of Run adalah Jumlah bagian yang mengalami defisit berkesinambungan disebut jumlah kekeringan dengan satuan mm.

Persamaannya yaitu:

$$\text{Jumlah kekeringan } D_n = \sum_{m=1}^i D(t, m) A(t, m) \quad (3)$$

$$\text{Durasi kekeringan } L_n = \sum_{m=1}^i A(t, m) \quad (4)$$

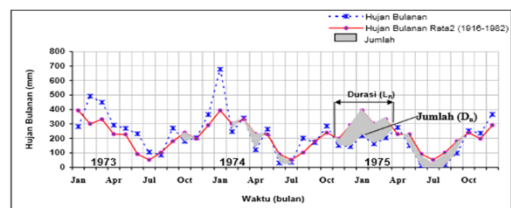
dimana:

- $A(t, m)$ = bernilai 0, jika $Y(m) \geq X(t, m)$
- $A(t, m)$ = bernilai 1, jika $Y(m) < X(t, m)$
- M = bulan ke m ; t adalah tahun ke t
- $Y(m)$ = nilai-ambang-batas bulan m
- $X(t, m)$ = seri data hujan bulanan bulan m tahun t

D_n = jumlah kekeringan daari bulan m ke m+i (mm)

L_n = durasi kekeringan dari bulan ke m sampai ke m+i (bulan).

$A(t, m)$ = nilai defisit atau surplus



Gambar 1. Durasi dan Jumlah Defisit (Syahril, 2012)

Analisa Curah Hujan dengan Poligon Thiessen

Luas area pada tiap – tiap polygon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan polygon.

persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5)$$

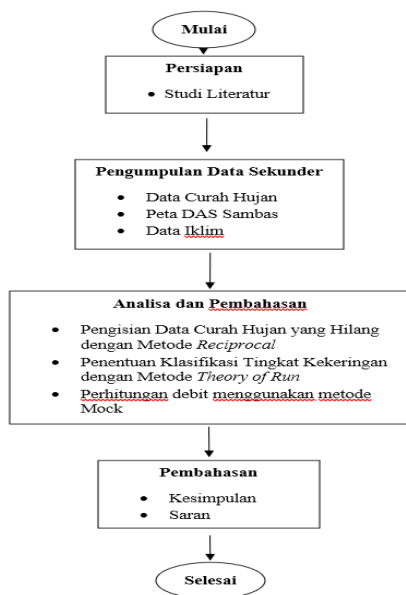
Dimana P_1, P_2, \dots, P_n adalah nilai hujan yang terdata distasiun hujan. Nilai A adalah luas area polygon. n adalah banyaknya stasiun hujan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi adalah suatu cara yang tersusun secara terstruktur dan teratur dalam melakukan penelitian terhadap suatu objek. Metodologi akan menuntuk penulis tentang tahap-tahap atau Langkah-langkah dalam melakukan suatu penelitian sehingga penelitian tersebut akan memiliki suatu keteraturan dan akan mudah dipahami bagi pihak lain selain penulis (Sugiyono, 2011). Berdasarkan tingkat eksplanasi atau tingkat penjelasan, penelitian ini merupakan penelitian komparatif yaitu analisa perbandingan.

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik serta tidak menyimpang dari maksud dan tujuan yang akan ditinjau, maka jalannya kajian penelitian ini dilaksanakan menurut diagram alir yang sudah dibuat.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Lokasi Penelitian

DAS Sambas terletak di 1°11'18.45 LU. Di DAS Sambas termasuk beriklim tropis dan jumlah hari hujan rata-rata 15 hari/bulan. Nilai hujan tertinggi terdapat pada pertengahan tahun hingga awal pergantian tahun.



Gambar 4. DAS Sambas (Sumber: Google Earth, 2020)

Tahapan penelitian

Penelitian pada dasarnya merupakan suatu pencarian, menghimpun data, mengadakan pengukuran, analisis, sintesis, membandingkan, mencari hubungan, menafsirkan hal-hal yang bersifat teka-teki. Setiap penelitian memiliki cara-cara tertentu, cara ini menggambarkan suatu langkah yang harus ditempuh, dan dengan cara bagaimana data tersebut diolah. Berikut bagian dari tahap penelitian yaitu :

- Persiapan
 - Studi Literatur
 - Pengumpulan Data Sekunder
- Adapun data sekunder yang didapatkan :

- a) Data Curah Hujan
Data presipitasi dan klimatologi yang digunakan untuk keperluan analisa yang di dapatkan dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan (BWSK).
- b) Peta DAS Sambas
Peta DAS Sambas ini didapatkan dari Balai Pemerintah DAS (BP DAS), data ini ada satu data yang mencakup daerah keseluruhan DAS Sambas.

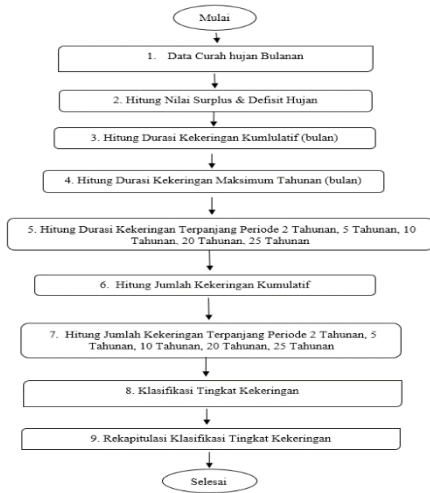
Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu:

- Pengisian Nilai Hujan yang Hilang
Ketentuan yang diperlukan untuk mengisi nilai hujan hilang bulanan adalah sebagai berikut:
 1. Data yang digunakan harus lolos penyaringan
 2. Panjang pencatatan data yang tersedia antara stasiun hujan yang akan diisi dengan stasiun hujan pengisi harus sama
 3. Jumlah stasiun pengisi minimal 3 stasiun
 4. Pengisian data hujan dapat dilakukan apabila data kosong tidak lebih besar

25% dari hujan yang tersedia. Dalam analisis ini, pengisian curah hujan yang hilang menggunakan Metode Reciprocal.

Penentuan Klasifikasi Tingkat Kekeringan



Gambar 5. Bagan alir perhitungan analisis kekeringan

Langkah analisis kekeringan menggunakan theory of run seperti pada **Gambar 5** yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Parameter Statistik Curah Hujan, dengan menghitung nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien kepercengan dari masing-masing bulan selama 30 tahun.
2. Menghitung nilai surplus dengan persamaan:
 - Nilai surplus = $X(t,m) - Y(m)$
 - Nilai defisit = $X(t,m) - Y(m)$
3. Perhitungan kekeringan kumulatif hasil dari perhitungan :

Nilai surplus = $X(t,m) - Y(m) =$ (positif)
,maka diberi nilai 0

Nilai defisit = $X(t,m) - Y(m) =$ (negatif)
,maka diberi nilai 1

Jika hasil perhitungan (+), diberi nilai (0) dan (-) akan diberi nilai (1). Jika ditemukan nilai (-), jumlahkan nilai satu tersebut sampai bertemu lagi dengan nilai (0), setelah itu menghitung ke awal lagi. Perhitungan ini dari data tahun pertama sampai tahun terakhir
4. Nilai maksimum durasi kekeringan selama kurun waktu T (2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun, dan 25 tahun) dihitung berdasarkan periode waktu tahun (bulan) di ambil nilai maksimumnya, dan didapatkan hasil periode selama 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun, 25 tahun. kemudian dirata-ratakan, dan

menghasilkan durasi kekeringan untuk tiap periode tersebut.

5. $X(t,m)$ (defisit) + $X(t,m)$ (defisit), perhitungan ini sama dengan perhitungan jumlah surplus dan defisitnya, hanya saja disini lebih banyak jumlahnya dari perhitungan jumlah defisit
6. Setelah dihitung nilai kekeringan kumulatif maka didapatkan kekeringan kumulatif terbesar disetiap tahunnya dimana nilai kekeringan kumulatif tersebut digunakan untuk perhitungan nilai maksimum kekeringan selama kurun waktu T. Nilai maksimum jumlah kekeringan selama periode T (2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun, dan 25 tahun) dihitung berdasarkan periode waktu (bulanan) untuk masing-masing tahun selama 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun, dan 25 tahun, kemudian dirata-ratakan, dan menghasilkan jumlah kekeringan untuk tiap periode tersebut.
7. Untuk mengklasifikasi kekeringan yang di setiap stasiun dihitung dari jumlah curah hujan bulanan $X(t,m)$, dibandingkan dengan jumlah hujan normal. Nilai hujan adalah nilai rata-rata hujan $Y(m)$ suatu bulan diseluruh tahun pengamatan, dengan persamaan :

$$\% \text{ Kekeringan} = \frac{X(t,m)}{Y(m)} \times 100 \% \quad (6)$$
8. Setelah perhitungan dilakukan pada seluruh stasiun hujan selama 30 tahun, dilakukan rekapitulasi untuk nilai durasi kekeringan, jumlah kekeringan dan kriteria kekeringan.

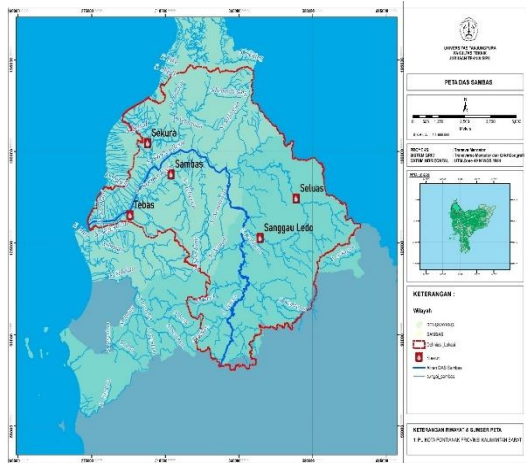
Tabel 3. Klasifikasi Tingkat kekeringan(Sumber: Sonjaya, 2007)

Persentase Curah Hujan	Tingkat Kekeringan
P= 70-85%	Kering
P= 50-70%	Sangat Kering
P= <50%	Amat Sangat Kering

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada di DAS Sambas yang merupakan tujuan untuk diperhitungkan kajian kekeringannya. Pada DAS ini meliputi beberapa stasiun hujan di Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang.



Gambar 6. DAS Sambas Stasiun Hujan (Sumber: ArcGis, 2020)

Melengkapi Data Curah Hujan Yang Hilang

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui kekeringan curah hujan di daerah DAS Sambas. Analisis yang dilakukan menghitung curah hujan yang hilang terlebih dahulu di berbagai stasiun, dengan menggunakan Metode *Reciprocal*. Data yang digunakan yaitu data 5 stasiun di DAS Sambas, yaitu dari tahun 1989 sampai tahun 2018.

Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Hujan Sambas (Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

NO.	TAHUN	R(mm)
1	1989	76
2	1990	97
3	1991	97
4	1992	111
5	1993	56
6	1994	73
7	1995	87
8	1996	142
9	1997	142
10	1998	177
11	1999	105
12	2000	142
13	2001	104
14	2002	125
15	2003	90
16	2004	111
17	2005	90
18	2006	95
19	2007	133
20	2008	192
21	2009	121
22	2010	84
23	2011	93
24	2012	120
25	2013	60
26	2014	95
27	2015	140
28	2016	281
29	2017	125
30	2018	125

Pada **Tabel 4.** Bahwa jumlah hujan di stasiun Sambas paling tinggi pada tahun 2016 dengan jumlah curah hujan senilai 281 mm dan nilai paling rendah pada tahun 2013 dengan jumlah curah hujan senilai 60 mm.

- Perhitungan Nilai Hujan yang Hilang

Curah hujan lengkap di 5 stasiun hujan di DAS Sambas yang dihitung menggunakan

metoda *Reciprocal* berdasarkan jarak antar stasiun.

Tabel 5. Jarak Antar Stasiun (km) (Sumber: Google Earth, 2020)

KE	STASIUN			
	Sekura	Seluas	Sanggau Ledo	Tebas
Sambas	16,2	147,02	101,64	57,62
Sekura	Sambas	Seluas	Sanggau Ledo	Tebas
	16,2	147,02	101,64	57,62
Seluas	Sambas	Sekura	Sanggau Ledo	Tebas
	35,01	101,64	74,47	75,3
Sanggau Ledo	Sambas	Sekura	Seluas	Tebas
	35,01	101,64	74,47	75,3
Tebas	Sambas	Sekura	Seluas	Sanggau Ledo
	24,49	57,62	159,43	75,3

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nop	Des
1989	48	76	63	33	39	17	16	31	23	54	45	72
1990	48	76	63	63	39	17	16	31	23	23	97	72
1991	48	76	63	63	39	17	16	31	23	97	97	72
1992	48	111	63	63	39	17	16	31	23	97	97	72
1993	25	28	24	18	41	25	45	29	23	34	56	13
1994	35	52	69	29	36	13	50	7	53	30	54	73
1995	87	45	19	47	79	55	67	66	64	33	46	56
1996	54	71	142	51	73	26	65	39	94	53	83	87
1997	54	71	142	51	73	25	33	39	84	63	63	87
1998	89	29	47	177	34	78	72	81	60	69	64	108
1999	65	50	40	102	20	78	50	103	76	78	78	105
2000	66	65	35	142	35	33	28	60	59	74	25	66
2001	56	54	54	56	65	104	48	41	29	55	60	52
2002	75	46	106	69	40	125	90	47	64	91	63	51
2003	71	65	65	55	90	65	25	25	54	35	50	74
2004	108	32	65	67	60	0	65	64	66	69	111	53
2005	79	49	54	40	58	44	30	46	65	90	63	29
2006	80	72	53	27	95	35	26	19	63	58	91	50
2007	58	35	26	64	63	85	104	90	133	59	48	106
2008	192	101	118	70	96	81	137	47	45	50	66	72
2009	121	37	57	53	53	39	52	66	41	95	82	76
2010	62	48	62	30	57	64	37	64	51	50	25	84
2011	93	11	33	20	35	40	15	16	40	39	30	45
2012	40	50	31	21	30	21	15	10	26	36	108	120
2013	23	17	35	25	32	12	46	20	21	28	44	60
2014	55	4	30	31	22	28	19	28	48	40	71	95
2015	46	20	13	116	80	65	94	94	87	140	95	88
2016	28	14	11	281	103	47	103	47	92	13	120	163
2017	125	44	36	41	101	66	98	34	51	71	69	46
2018	60	36	81	115	82	122	18	25	125	98	19	31
Rata-rata	67,31	49,50	56,67	67,33	56,97	48,13	49,93	44,37	56,87	60,73	67,33	72,60

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Hilang Stasiun Sambas (mm)

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

Berdasarkan **Tabel 6**, didapatkan hasil jumlah hujan yang hilang, bahwa jumlah nya sebanyak 26 bulan, nilai rata-rata tertinggi tiap bulan yaitu pada bulan Desember senilai 72,60 mm.

Klasifikasi Tingkat Kekeringan dengan Theory Of Run

Langkah analisis kekeringan menggunakan theory of run yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai surplus dengan persamaan:

- Nilai surplus dan defisit = $X(t,m) - Y(m)$

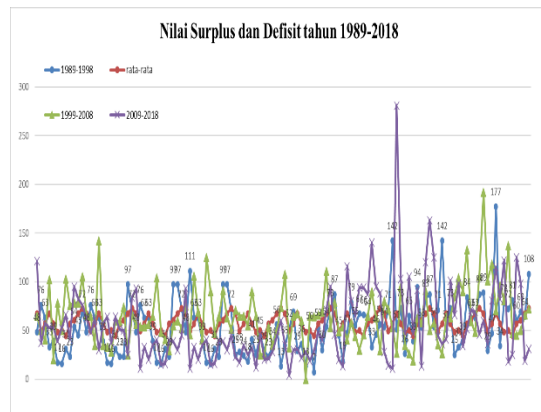
- Bulan Januari : $X(t,m) - Y(m) = 48 - 66,90 = -19$ (defisit)

- Bulan Februari : $X(t,m) - Y(m) = 76 - 49,60 = 26$ (surplus)

Tabel 7. Nilai Surplus dan Defisit Hujan
(Sumber: Hasil Perhitungan 2020)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1989	-19	26	6	-34	-18	-32	-34	-14	-35	-7	-23	-1
1990	-19	26	6	-4	-18	-32	-34	-14	-35	-38	29	-1
1991	-19	26	6	-4	-18	-32	-34	-14	-35	36	29	-1
1992	-19	61	6	-4	-18	-32	-34	-14	-35	36	29	-1
1993	-42	-22	-33	-49	-16	-24	-5	-16	-35	-27	-12	-60
1994	-32	2	12	-38	-21	-36	0	-38	-5	-31	-14	0
1995	20	-5	-38	-20	22	6	17	21	6	-28	-22	-17
1996	-13	21	85	-16	16	-23	15	-6	36	-8	15	14
1997	-13	21	85	-16	16	-24	-17	-6	26	2	-5	14
1998	22	-21	-10	110	-23	29	22	36	2	8	-4	35
1999	-2	0	-17	35	-37	29	0	58	18	17	10	32
2000	-1	15	-22	75	-22	-16	-22	15	1	13	-43	-7
2001	-11	4	-3	-11	8	55	-3	-4	-29	-6	-8	-21
2002	8	-4	49	2	-17	76	40	2	6	30	-5	-22
2003	4	15	8	-12	33	16	-25	-20	-4	-26	-18	1
2004	41	-18	8	0	3	-49	15	19	8	8	43	-20
2005	12	-1	-3	-27	1	-5	-20	1	7	29	-5	-44
2006	13	22	-4	-40	38	-14	-24	-26	5	-3	23	-23
2007	-24	-14	-31	-3	6	36	54	45	75	-2	-20	33
2008	125	51	61	3	39	32	87	3	-17	-11	-2	-1
2009	54	-13	0	-14	-4	-10	2	21	-17	34	14	3
2010	-2	0	6	-35	13	25	-33	23	11	-8	-43	11
2011	26	-39	-24	-47	-22	-9	-35	-29	-18	-22	-38	-28
2012	-27	0	-26	-46	-27	-28	-35	-35	-32	-25	51	61
2013	-44	-33	-22	-42	-25	-37	-4	-25	-37	-33	-24	-13
2014	-32	-46	-27	-36	-35	-20	-37	-17	-10	-21	3	22
2015	-21	-30	-44	49	23	29	54	47	41	79	27	15
2016	-39	-36	-46	214	46	-2	76	6	35	-48	52	90
2017	58	-6	-21	-26	44	17	48	-11	-7	10	1	-27
2018	-7	-14	24	48	25	73	-32	-20	67	37	-49	-42

Tabel 7 menunjukkan nilai surplus dan defisit hujan bulanan stasiun Sambas. Nilai surplus di stasiun Sambas selama 30 tahun pengamatan sebanyak 153 bulan, sedangkan nilai defisit sebanyak 207 bulan,



Gambar 7. Grafik nilai Surplus dan Defisit
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

2. Durasi kekeringan
Perhitungan durasi kekeringan, menggunakan Persamaan (3.3)

$$- \text{Durasi kekeringan } L_n = \sum_{i=1}^n i = 1A \quad (7)$$

Bila yang dihasilkan adalah positif, diberi nilai nol (0) dan negatif diberi nilai satu (1). Bila terjadi nilai negatif yang berurutan, maka jumlahkan nilai satu (1) tersebut sampai dipisahkan kembali oleh nilai nol (0), untuk kemudian menghitung dari awal lagi.

Tabel 8. Durasi Kekeringan Hujan Bulanan Stasiun Sambas (bulan)
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1989	1	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1990	10	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1991	10	0	0	1	2	3	4	5	6	0	0	1
1992	2	0	0	1	2	3	4	5	6	0	0	1
1993	2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1994	11	0	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0
1995	0	1	2	3	0	0	0	0	0	1	2	3
1996	1	0	0	1	0	1	2	3	0	1	2	0
1997	1	0	0	1	0	1	2	3	0	0	1	0
1998	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
1999	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2000	1	0	1	0	1	2	3	0	0	0	1	2
2001	1	0	1	2	0	0	1	2	3	4	5	6
2002	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
2003	0	0	0	1	0	0	1	2	3	4	5	0
2004	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2005	0	1	2	3	0	1	2	0	0	0	1	2
2006	0	0	1	2	0	1	2	3	0	1	0	1
2007	1	2	3	4	0	0	0	0	0	1	2	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4
2009	0	1	0	1	2	3	0	0	1	0	0	0
2010	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	0
2011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2012	13	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	0	0
2015	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	1	2	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2017	0	1	2	3	0	0	0	1	2	0	0	1
2018	2	3	0	0	0	1	2	0	0	1	2	0

15 tahun, 20 tahun, 25 tahun, dan 30 tahun) dihitung berdasarkan periode waktu (bulanan) untuk masing-masing tahun, kemudian dirata-ratakan, dan menghasilkan durasi kekeringan untuk tiap periode tersebut.

Tabel 9. Durasi Kekeringan Terpanjang Stasiun Sambas (bulan)
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

No	Tahun	Max	T. 2 th	T. 5 th	T. 10 th	T. 15 th	T. 20 th	T. 25 th	T. 30 th
1	1989	198	217						
2	1990	217							
3	1991	129	137	208					
4	1992	157							
5	1993	208							
6	1994	88			217				
7	1995	67	80						
8	1996	80							
9	1997	47	88						
10	1998	31				217			
11	1999	37	50						
12	2000	50					217		
13	2001	71	71	93					
14	2002	27							339
15	2003	93	93		93				
16	2004	49							
17	2005	49	64						
18	2006	64		93					620
19	2007	95	95						
20	2008	81							
21	2009	28	51						
22	2010	51							
23	2011	248	275	339					
24	2012	275	620		620				
25	2013	339	620						
26	2014	620			620		620		
27	2015	95	121						
28	2016	121		620				620	
29	2017	58	91						
30	2018	91							
Mean		123	148	240	311	419	419	479	620

Tabel 9 menunjukkan bahwa durasi kekeringan terpanjang stasiun hujan Sambas selama 22 bulan yang dimulai dari tahun 2012 sampai tahun 2014 di 30 tahun terakhir.

3. Jumlah Kekeringan Kumulatif

Menghitung jumlah defisit atau jumlah kekeringan hampir sama dengan cara menghitung nilai durasi kekeringan. Jika durasi kekeringan berurutan dan lebih dari satu maka pada bulan selanjutnya merupakan nilai kumulatifnya, demikian pula halnya dengan jumlah kekeringan.

Tabel 10. Jumlah Kekeringan Kumulatif Terpanjang Stasiun Sambas (mm)
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nop	Des
1989	-19	0	0	-34	-52	-84	-118	-132	-167	-174	-197	-198
1990	-217	0	0	-4	-22	-54	-88	-102	-137	-175	0	-1
1991	-20	0	0	-4	-14	-46	-80	-94	-129	0	0	-1
1992	-20	0	0	-4	-22	-54	-88	-102	-137	0	0	-1
1993	-43	-65	-98	-147	-163	-187	-192	-208	-35	-27	-12	-60
1994	-32	2	12	-38	-21	-36	0	-38	-43	-74	-88	0
1995	0	-5	-43	-63	0	0	0	0	0	-28	-50	-67
1996	-80	0	0	-16	0	-23	0	-6	0	-8	0	0
1997	-13	0	0	-16	0	-24	-41	-47	0	0	-5	0
1998	0	-21	-31	0	-23	0	0	0	0	0	-4	0
1999	-2	0	-17	0	-37	0	0	0	0	0	0	0
2000	-1	0	-22	0	-22	-38	-22	0	0	0	-43	-50
2001	-11	0	-3	-14	0	0	-3	-7	-36	-42	-50	-71
2002	0	-4	0	0	-17	0	0	0	0	0	-3	-27
2003	0	0	0	-12	0	0	-25	-45	-49	-75	-93	0
2004	0	-18	0	0	0	-49	0	0	0	0	0	-20
2005	0	-1	-4	31	0	-5	-25	0	0	0	-5	-49
2006	0	0	-4	-44	0	-14	-38	-64	0	-3	0	-23
2007	-47	-61	-92	-95	0	0	0	0	-2	-22	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	-28	-30	-31
2009	0	-13	0	-14	-18	-28	0	0	-17	0	0	0
2010	-2	0	0	-35	0	0	-33	0	0	-8	-51	0
2011	0	-39	-63	-47	-69	-78	-113	-142	-160	-182	-220	-248
2012	-275	0	-26	-72	-99	-127	-162	-197	-239	-254	0	0
2013	-44	-77	-99	-141	-166	-203	-207	-232	-269	-302	-326	-339
2014	-371	-417	-444	-480	-515	-535	-572	-589	-599	-620	0	0
2015	-21	-51	-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	-39	-75	-121	0	0	-2	0	0	0	-48	0	0
2017	0	-6	-27	-53	0	0	0	-11	-18	0	0	-27
2018	-34	-48	0	0	0	0	-32	-52	0	0	-49	-91

Tabel 10 menunjukkan bahwa jumlah kekeringan kumulatif terbesar disetiap tahunnya dimana nilai kekeringan komulatif tersebut digunakan untuk perhitungan nilai maksimum kekeringan selama kurun waktu T.

Tabel 11. Jumlah Kekeringan Terpanjang Stasiun Sambas (mm)
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

No	Tahun	Bin	Max	T.2 th	T.5 th	T.10 th	T.15 th	T.20 th	T.25 th	T.30 th
1	1989	9	10							
2	1990	10								
3	1991	7	13							
4	1992	6								
5	1993	13	13							
6	1994	14			14					
7	1995	3	4							
8	1996	4		14						
9	1997	3	3			14				
10	1998	2								
11	1999	1	3	11			11			
12	2000	3								
13	2001	6	6	6						
14	2002	2							12	
15	2003	5	5		6					
16	2004	1								
17	2005	3	3							
18	2006	3		5						22
19	2007	5	5							
20	2008	4								
21	2009	3	3							
22	2010	3								
23	2011	11	12		12					
24	2012	12					22			
25	2013	12	22							
26	2014	22				22		22		
27	2015	3	3							
28	2016	3			22				22	
29	2017	3	3							
30	2018	2								
Mean		6	7	12	14	18	17	17	22	

Tabel 11 Menunjukkan bahwa jumlah kekeringan terpanjang sebesar 620 mm di 30 tahun terakhir, nilai kering dimulai dari tahun 2012 sampai tahun 2014.

4. Klasifikasi Tingkat Kekeringan

Untuk mengklasifikasi tingkat kekeringan yang terjadi di setiap stasiun dihitung dari jumlah curah hujan bulanan dibandingkan dengan jumlah curah hujan normal. Perhitungan klasifikasi tingkat kekeringan di DAS Sambas pada bulan Januari tahun 1989 dan 1990 seperti di bawah ini :

- a. Bulan Januari 1989 :
% Kekeringan = P bulanan/P rata-rata × 100%

$$= 37/67,44 \times 100\% = 55 \%$$

- b. Bulan Januari 1990 :
% Kekeringan = P bulanan/P rata-rata × 100%

$$= 45/67,44 \times 100\% = 66 \%$$

Dari hasil perhitungan klasifikasi dibulan Januari tahun 1989 dan tahun 1990 mengalami kekeringan karena nilai tersebut <85%. Setelah perhitungan dilakukan tiap bulan selama 30 tahun.

Tabel 12. Klasifikasi Tingkat kekeringan
(Sumber: Sonjaya, 2007)

Curah Hujan dari Kondisi Normal	Tingkat Kekeringan
P = >85%	Basah
P = 70-85%	Kering
P = 50-70%	Sangat Kering
P = <50%	Amat Sangat Kering

Tabel 13 Persentase Kekeringan di DAS Sambas (%)
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nop	Des
1989	55	67	49	62	46	59	53	71	62	85	90	87
1990	66	79	63	65	42	45	36	44	54	42	70	77
1991	75	81	83	80	87	78	68	43	63	103	83	79
1992	41	65	84	51	52	24	40	28	54	72	87	68
1993	62	46	49	39	49	24	56	23	48	57	55	53
1994	62	46	47	37	39	29	40	22	36	54	64	94
1995	90	67	56	62	74	82	68	73	73	73	79	85
1996	98	67	118	109	65	80	75	87	81	104	125	96
1997	72	99	103	92	90	47	38	37	48	95	64	88
1998	121	59	81	153	116	75	136	114	93	106	149	128
1999	125	127	91	108	154	189	79	104	79	97	86	99
2000	102	99	88	86	33	81	46	83	94	115	79	86
2001	64	70	54	71	45	75	97	58	44	68	71	101
2002	90	79	72	58	49	99	66	48	68	70	73	65
2003	101	89	67	83	83	78	47	40	59	57	59	71
2004	163	53	78	92	77	38	87	41	68	81	104	85
2005	115	89	79	97	120	82	97	91	81	114	90	85
2006	99	90	67	57	97	80	66	89	85	89	133	157
2007	84	68	55	98	82	97	112	98	130	92	98	119
2008	157	88	106	80	101	90	158	81	70	95	138	118
2009	146	90	89	85	92	88	94	93	61	101	105	99
2010	86	85	94	73	88	87	82	73	78	94	108	110
2011	126	97	98	85	92	63	72	49	92	91	127	111
2012	121	101	139	61	104	44	90	77	113	120	133	149
2013	83	86	74	93	72	37	70	99	127	111	120	120
2014	62	27	119	97	87	53	52	111	80	112	146	119
2015	136	95	67	104	87	100	119	102	113	117	128	121
2016	158	267	111	228	207	132	180	59	124	98	260	180
2017	151	113	101	96	124	89	128	120	96	111	133	80
2018	88	90	149	128	113	120	46	53	128	86	82	110

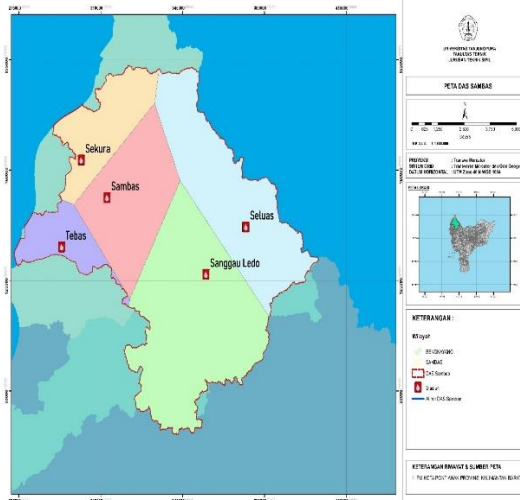
Tabel 13 menunjukkan persentase kekeringan di DAS Sambas yang terbesar yaitu 267 % pada bulan Februari tahun 2016, sedangkan persentase terkecil yaitu 22% pada bulan Agustus tahun 1994.

Tabel 14. Klasifikasi Tingkat Kekeringan di DAS Sambas (Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

Tahun	Bulan															
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des				
1989	SK	SK	ASK	SK	ASK	SK	SK	K	SK	B	B	B	3	1	6	2
1990	AK	K	SK	SK	ASK	ASK	ASK	ASK	SK	ASK	K	K	0	3	3	5
1991	K	K	K	K	B	K	SK	ASK	SK	B	K	K	2	7	2	1
1992	ASK	SK	K	SK	SK	ASK	ASK	ASK	K	K	B	SK	1	3	4	4
1993	SK	ASK	ASK	ASK	ASK	ASK	SK	ASK	ASK	SK	SK	SK	0	0	5	7
1994	SK	ASK	ASK	ASK	ASK	ASK	ASK	ASK	ASK	SK	SK	B	1	0	3	8
1995	B	SK	SK	K	K	SK	SK	K	K	K	K	B	2	6	4	0
1996	B	SK	B	B	SK	K	K	B	K	B	B	B	7	3	2	0
1997	K	B	B	B	B	ASK	ASK	ASK	ASK	B	SK	B	6	1	1	4
1998	B	SK	K	B	B	K	B	B	B	B	B	B	9	2	1	0
1999	B	B	B	B	B	B	K	B	K	B	B	B	10	2	0	0
2000	B	B	B	B	ASK	K	ASK	K	B	B	K	B	7	3	0	2
2001	SK	K	SK	K	ASK	K	B	SK	ASK	SK	K	B	2	4	4	2
2002	B	K	K	SK	ASK	B	SK	ASK	SK	SK	K	SK	2	3	5	2
2003	B	B	SK	K	K	K	ASK	ASK	SK	SK	SK	K	2	4	4	2
2004	B	SK	SK	B	B	K	ASK	B	ASK	SK	K	B	5	2	3	2
2005	B	B	K	B	B	K	B	B	K	B	B	B	9	3	0	0
2006	B	B	SK	SK	B	K	SK	B	B	B	B	B	8	1	3	0
2007	K	SK	SK	B	K	B	B	B	B	B	B	B	8	2	2	0
2008	B	B	B	K	B	B	B	K	K	B	B	B	9	3	0	0
2009	B	B	B	B	B	B	B	B	SK	B	B	B	11	0	1	0
2010	B	B	B	K	B	B	K	K	K	B	B	B	8	4	0	0
2011	B	B	B	B	B	SK	K	ASK	B	B	B	B	9	1	1	1
2012	B	B	B	SK	B	ASK	B	SK	B	B	B	B	9	0	2	1
2013	K	B	K	B	K	ASK	K	B	B	B	B	B	7	4	0	1
2014	SK	ASK	B	B	B	SK	SK	B	K	B	B	B	7	1	3	1
2015	B	B	SK	B	B	B	B	B	B	B	B	B	11	0	1	0
2016	B	B	B	B	B	B	B	SK	B	B	B	B	11	0	1	0
2017	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	K	B	11	1	0	0
2018	B	B	B	B	B	B	ASK	SK	B	B	K	B	9	1	1	1
Σ													181	66	62	46
Klasifikasi Tingkat Kekeringan (%)	51,13	18,36	17,51	12,99												

Berdasarkan Tabel 14 didapatkan hasil klasifikasi tingkat kekeringan di DAS Sambas dengan nilai basah lebih besar daripada nilai kering yaitu nilai basah sebesar 51,81% dan nilai kering sebesar 48,19%, berarti di DAS Sambas tidak mengalami kekeringan. Perbandingan nilai basah dan kering tidak terlalu jauh, karena di DAS Sambas hampir mengalami nilai kering dengan selisih 3,62%. Di DAS Sambas pernah mengalami persentase terendah pada bulan Agustus di tahun 1994 dengan persentase 22%. di DAS Sambas juga pernah mengalami nilai kering selama 173 bulan, dan 186 bulan nilai basah.

Luasan Pengaruh Stasiun Curah Hujan di DAS Sambas Menggunakan Polygon Thiessen



Gambar 8. Polygon Thiessen (Sumber: ArcGis, 2020)

Berdasarkan Gambar 8 diperoleh luas pengaruh stasiun hujan sambas sebesar 1.370 km², stasiun hujan Sekura sebesar 878 km², stasiun hujan Seluas sebesar 1.940 km², stasiun hujan Sanggau Ledo sebesar 2.760 km², dan stasiun hujan Tebas sebesar 517 km².

Contoh perhitungan pada bulan Januari tahun 1989 Maka hujan rata – rata dari seluruh stasiun adalah :

$$P = \frac{(1.370 \times 145) + (878 \times 257) + (1.940 \times 264) + (2.760 \times 347) + (517 \times 100)}{1.685 + 917 + 1.598 + 2.761 + 502}$$

P1 = 145 mm, P2 = 257 mm, P3 = 264 mm, P4 = 347 mm, P5 = 100 mm.

P= 261 mm

Tabel 15. Curah Hujan dengan Metode Poligon Thiessen (mm) (Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

TAHUN	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1989	261	190	119	245	147	105	104	136	165	326	320	341
1990	281	192	162	294	186	167	131	238	310	280	310	410
1991	275	198	221	228	257	183	189	174	281	295	231	359
1992	103	113	156	208	171	79	96	96	105	234	205	236
1993	163	103	104	109	121	73	147	70	166	159	183	161
1994	128	69	95	91	99	111	72	36	33	133	132	229
1995	201	210	158	251	213	296	160	186	253	281	288	278
1996	165	109	133	251	160	218	166	96	106	134	173	260
1997	221	192	180	184	205	103	68	42	72	166	244	297
1998	361	171	142	237	148	96	222	203	153	135	220	345
1999	416	228	316	286	403	292	253	325	236	349	245	433
2000	287	184	150	131	61	155	84	163	245	198	185	159
2001	213	227	114	217	61	111	180	90	151	91	142	95
2002	447	276	175	157	237	166	100	70	256	219	305	292
2003	389	244	217	324	168	257	159	104	197	305	250	259
2004	491	222	168	194	229	100	181	59	264	326	364	470
2005	346	282	191	292	406	238	188	151	216	316	278	333
2006	380	367	168	246	331	184	125	104	234	297	335	480
2007	294	158	103	288	161	297	273	179	270	217	286	433
2008	395	236	321	253	213	214	304	235	130	273	310	473
2009	392	243	273	237	171	160	152	213	85	308	397	364
2010	188	172	128	138	194	121	209	110	173	140	268	307
2011	271	168	198	152	151	112	64	91	167	213	285	210
2012	354	273	389	208	310	69	234	112	171	314	343	509
2013	327	308	186	306	226	86	126	118	148	239	299	424
2014	271	131	309	252	229	76	91	321	204	356	407	444
2015	661	280	196	255	211	166	155	213	208	206	520	337
2016	405	579	231	371	441	426	221	64	211	200	648	450
2017	400	292	226	258	253	180	298	340	273	348	354	248
2018	288	256	367	303	333	209	71	97	219	475	210	298
Jumlah	9373	6672	5893	6964	6497	5049	4822	4436	5700	7531	8739	9935
Rata-rata	312	222	196	232	217	168	161	148	190	251	291	331

Berdasarkan Tabel 15, didapatkan hasil jumlah curah hujan rata-rata di stasiun dengan menggunakan perhitungan Polygon Thiessen, nilai curah hujan terbesar pada bulan Januari di tahun 2015 sebesar 650 mm, dan nilai terkecil sebesar 33,12 mm, sedangkan nilai curah hujan rata-rata selama 30 tahun terakhir sebesar 224 mm.

Tabel 16 Jumlah Hujan Harian Rata-Rata
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2020)

TAHUN	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1989	16	11	10	13	13	8	10	9	11	16	16	18
1990	15	11	11	16	13	11	12	10	15	16	17	19
1991	15	11	14	16	14	11	13	15	16	14	15	19
1992	12	9	9	16	13	9	8	9	7	15	13	15
1993	10	9	8	9	9	7	8	9	9	10	10	11
1994	9	7	9	11	11	9	6	5	6	13	13	12
1995	12	13	11	14	12	10	7	9	10	15	15	15
1996	9	4	6	7	8	7	5	4	4	6	7	8
1997	9	8	6	8	8	7	4	3	4	8	19	19
1998	11	8	6	8	8	7	4	3	4	8	19	19
1999	9	8	9	11	11	9	10	10	11	14	13	17
2000	13	10	7	9	7	7	6	8	14	11	15	10
2001	14	15	9	14	7	9	7	5	14	10	13	8
2002	20	12	11	10	12	7	7	5	11	12	14	16
2003	13	10	11	12	8	10	9	6	11	16	13	12
2004	17	9	8	10	9	4	10	4	14	13	13	18
2005	12	9	8	11	14	11	10	8	10	13	14	17
2006	12	13	7	12	15	8	6	6	9	12	15	20
2007	14	10	10	13	10	12	11	5	7	11	12	17
2008	14	9	14	12	9	9	13	8	6	13	13	14
2009	15	8	10	12	7	7	6	10	5	12	21	18
2010	16	8	8	10	11	7	10	6	8	10	19	16
2011	18	12	12	10	13	9	5	8	12	14	15	14
2012	12	13	12	10	12	5	12	7	5	12	11	13
2013	12	15	9	13	12	6	7	5	6	10	11	15
2014	8	3	9	10	12	7	3	17	10	14	18	17
2015	21	12	9	12	10	9	6	11	6	8	18	14
2016	12	13	10	8	11	8	6	3	8	9	14	11
2017	14	12	10	12	9	6	9	12	12	14	15	14
2018	19	17	23	18	28	8	5	5	8	17	13	13
Jumlah	401	312	297	348	334	244	234	226	272	368	433	451
Maksimum	21	17	23	18	28	12	13	17	16	17	21	20
Minimum	8	3	6	7	7	4	3	3	4	6	7	8
Rata-rata	13	10	10	12	11	8	8	8	9	12	14	15

Berdasarkan **Tabel 16** menunjukkan jumlah hari hujan paling banyak pada tahun 2018 di bulan Mei yang mengalami hari hujan selama 28 hari, sedangkan nilai hari hujan paling sedikit pada tahun 1997 dan tahun 1998 di bulan Agustus yang mengalami jumlah hari hujan selama 3 hari.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Klasifikasi kekeringan di DAS Sambas adalah basah (B), karena jumlah persentase basah lebih banyak dari jumlah persentase kering .
2. Zona kering di DAS Sambas selama 30 tahun dengan jumlah basah yang sedikit dan tidak mengalami nilai basah pada tiap bulan pertahunnya, yaitu berada pada tahun 1990, tahun 1992, tahun 1993 dan tahun 1994.

Saran

Adapun saran untuk pembahasan lebih lanjut penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini akan lebih akurat apabila setiap stasiun penakar hujan memiliki data hujan yang lengkap.
2. Hasil penelitian akan lebih akurat jika adanya pengukuran langsung kelokasi penelitian yang akan dikaji, agar ada data pembandingan antara data primer dan data sekunder.

3. Penelitian serupa dapat dilanjutkan menggunakan metode penentu indeks kekeringan dan ketersediaan air lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma. 2003. *Analisa Kekeringan dengan Berbagai Pendekatan*. Pusat penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Arikunto, Suharsim. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Asdak. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Asdak. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai*. Edisi Revisi Kelima Gajah Mada University Press Yogyakarta, Yogyakarta.
- bilaDahlman, LuAnn, 2009. *Bencana Kekeringan dikawasan Indonesia, dipengaruhi Perubahan Iklim*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Indarto. 2010. *Studi Pendahuluan Tentang Penerapan Metode Ambang Bertingkat untuk Analisis Kekeringan Hidrologi pada 15 DAS di Jawa Timur*, Jurnal Jurusan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Unversitas Jember.
- Nuraini, 2017, *Bencana Kekeringan*, <https://ilmugeografi.com/bencana-alam/kekeringan>, diunduh tanggal 24 September 2018.
- Syahrial. 2012. *Analisis Kekeringan dengan menggunakan Theory Of run di DAS Krueng Aceh*. Aceh: Jurnal Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Yevjevich, Vujica. 1967. *An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts*. Hydrology Papers Colorado State University Forts Collins, Colorado
- Zainudin. 2018. *Siklus Hidrologi*, <https://lamosea.com/siklus-hidrologi>. Diunduh tanggal 10 januari 2019.