

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Alvin Pradana¹, Ratna Septi Hendrasari²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknologi Yogyakarta

¹alvinpradanaalvin@gmail.com, ²ratnasepti.h@gmail.com

Abstrak

Air merupakan salah satu sumber kehidupan umat manusia. Adanya pertumbuhan penduduk yang terus meningkat mengakibatkan terjadinya pemanfaatan sumber air semakin tinggi. Hal tersebut tentu akan mempengaruhi ketersediaan air di wilayah Kota Yogyakarta. Neraca air merupakan perbandingan antara potensi ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu tempat dalam periode tertentu. Analisis neraca air berguna untuk mengetahui jumlah kelebihan air (surplus) atau kekurangan air (defisit) agar pemanfaatan air dapat diatur sebaik-baiknya. Perhitungan dilakukan dengan menganalisis data curah hujan 10 tahunan menggunakan Metode Poligon Thiessen untuk memperoleh nilai curah hujan rerata. Perhitungan debit tersedia dihitung menggunakan metode F.J. Mock. Debit andalan dihitung dengan keandalan 80% dari data debit 10 tahun, data debit diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil, sehingga diperoleh nilai probabilitas 80% dari interpolasi urutan data tersebut. Kebutuhan air dihitung berdasarkan standar perencanaan irigasi (KP-01). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan air rerata Sub DAS Code Yogyakarta adalah 554,33 lt/dt/bulan. Berdasarkan hasil analisis terjadi defisit air tertinggi pada bulan Juli ke-1 sebesar 244,09 lt/dt dan defisit terendah pada bulan Agustus ke-2 sebesar 3,24 lt/dt. Namun, ketersediaan air pada bulan tertentu cukup melimpah, sehingga perlu dilakukan kajian khusus agar air tidak terbuang dan dapat digunakan untuk menutupi kekurangan air pada bulan kering.

Kata kunci: Neraca air, Ketersediaan air, Kebutuhan air, Sungai code, Poligon thiessen, FJ mock

Abstract

Water is one of the sources of human life. Population growth continues to increase and results in higher utilization of water sources. This will certainly affect the availability of water in the city of Yogyakarta. Water balance is a comparison between the water availability potential and the water demand of a place in a certain period. Water balance analysis is useful for knowing the amount of excess water (surplus) or lack of water (deficit) so that water use can be managed as well as possible. The calculation was done by analyzing the 10-year rainfall data using the Thiessen Polygon method to obtain the mean rainfall value. The available debit was calculated using the F.J. Mock method. The dependable discharge was calculated with 80% reliability from the 10-year debit data. The debit data was sorted from the largest to the smallest value, so that a probability value of 80% was obtained from the interpolation of the data sequence. Water demand was calculated based on the irrigation planning standard (KP-01). The results of the study show that the average water availability in the sub-watershed of Code River Yogyakarta was 527.92lt/sec. Based on the results of the analysis, the highest water deficit occurred in the first October at 278.40 l/sec and the lowest deficit was in the second July at 73.01 l/sec. However, the availability of water in certain months was quite abundant. Therefore, it is necessary to do a special study so that water is not wasted and can be used to cover water shortages in dry months.

Keywords: Water balance, Water availability, Water demand, Code river, Thiessen polygon, FJ mock

Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber kehidupan umat manusia, selain itu air adalah salah satu

kebutuhan pokok dari manusia. Sungai merupakan salah satu sumber air yang tersedia di daratan. Sungai memiliki fungsi sebagai wadah

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

curah hujan dalam suatu daerah tertentu. Saat ini sungai telah menjadi alternatif pilihan yang paling banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan air. Sungai Code adalah sungai yang bermata air di kaki Gunung Merapi ini merupakan salah satu sungai yang sangat penting bagi penduduk Yogyakarta, khususnya daerah yang dilalui oleh sungai ini. Yogyakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia terus mengalami pertumbuhan penduduk. Adanya pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya mengakibatkan terjadinya pemanfaatan sumber air semakin tinggi. Hal tersebut tentu akan mempengaruhi ketersediaan air di wilayah Kota Yogyakarta. Perlu adanya suatu studi neraca air untuk melihat keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Code dan kemungkinan penggunaan air di masa mendatang untuk daerah sekitarnya, agar nantinya kebutuhan air di daerah sekitar sungai tersebut dapat selalu terpenuhi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui ketersediaan air di Sub DAS Code Yogyakarta.
2. Mengetahui kebutuhan air di Sub DAS Code Yogyakarta.
3. Mengetahui neraca air pada Sub DAS Code Yogyakarta.

Berdasarkan uraian diatas rumusan masalah dalam analisis penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana ketersediaan air di Sub DAS Code Yogyakarta?
2. Bagaimana kebutuhan air di Sub DAS Code Yogyakarta?
3. Bagaimana neraca air pada Sub DAS Code Yogyakarta?

Penelitian ini memiliki beberapa batasan penelitian agar penelitian tidak menyimpang dari rumusan masalah, antara lain:

1. Penelitian dilakukan pada Sub DAS Code Yogyakarta, dengan menggunakan metode Mock.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis ketersediaan dan kebutuhan air untuk irigasi pertanian.
3. Penelitian tidak meninjau tentang air tanah pada Sub DAS Code.
4. Penelitian ini menggunakan data primer berupa data observasi lapangan dan data sekunder berupa data curah hujan, data debit, serta peta DAS yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta.

5. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis neraca air dan tidak memperhitungkan analisis pola tata tanam.

Kajian Teori

Teddy W Sudinda (2019), melakukan penelitian tentang Penentuan Debit Andalan dengan Metoda FJ Mock di Daerah Aliran Sungai Cisadane. Penelitian tersebut mengkaji jumlah debit sungai dengan menggunakan Metode Mock. Prinsip penelitian ini adalah menghitung nilai debit air sungai dengan memperhitungkan nilai *evapotranspirasi*, *direct run off*, *infiltrasi*, *soil moisture*, *ground water discharge*, dan *base flow* menggunakan data curah hujan di daerah aliran sungai Cisadane Bandung.

Afid Nurkholis, dkk (2016), melakukan penelitian mengenai Analisis Neraca Air DAS Sembung Kabupaten Sleman DIY. Penelitian ini terbagi menjadi tiga wilayah kajian yakni wilayah dataran kaki, wilayah lereng kaki, dan wilayah teras sungai. Penelitian ini membahas tentang ketersediaan dan kebutuhan air serta kekritisan pada wilayah DAS Sembung Kabupaten Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan satuan analisis hujan wilayah dan potensi air tanah dengan memperhitungkan kebutuhan air domestik, kebutuhan air ternak, kebutuhan air industri, kebutuhan air pertanian, dan kebutuhan air perikanan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa ketersediaan air meteorologis pada DAS Sembung akan mengalami surplus pada saat musim penghujan dan akan mengalami defisit pada saat musim kemarau.

Priyongroho, Anton (2014), melakukan penelitian yang mengkaji tentang Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). Penelitian berfokus pada analisis kebutuhan air maksimum dan minimum untuk irigasi seluas 1370 Ha. Perhitungan pada penelitian ini dilakukan dengan metode KP-01 dan perhitungan menggunakan software CROPWAT. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data curah hujan dari Sungai Air Keban, Empat Lawang, Sumatera Selatan.

Metodologi

Metodologi pada penelitian ini merupakan metodologi penelitian dengan analisis kuantitatif menggunakan data statistik yang diperoleh dari stasiun penakar hujan dan stasiun klimatologi miik Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak.

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

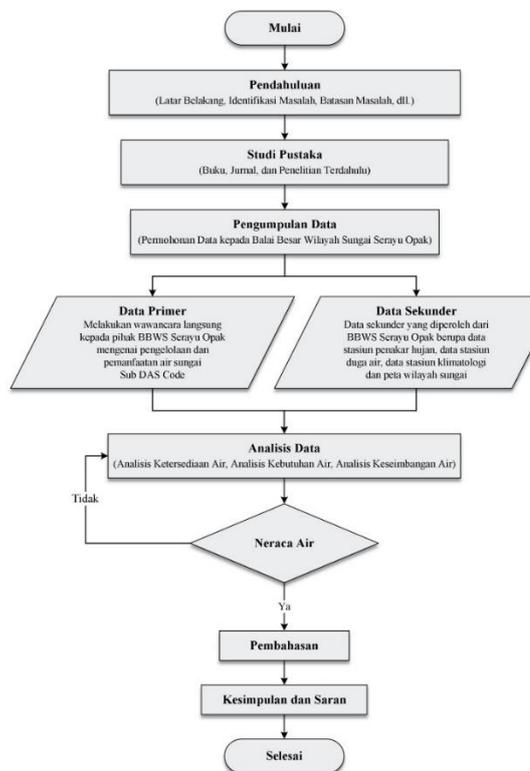
Analisis kuantitatif merupakan penelitian yang melalui proses pengukuran variabel penelitian dengan angka yang hasilnya dipresentasikan dalam bentuk perhitungan matematis.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah aliran sub DAS Code Yogyakarta yang membelah kota Yogyakarta dan menjadi sumber air lahan pertanian di daerah Sleman, Yogyakarta Kota, dan Bantul.

Tahapan Penelitian

Tahapan ini berguna untuk menguraikan pokok permasalahan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian. Selain itu, tahapan ini menguraikan batasan penelitian agar penelitian tetap fokus dan relevan terhadap pokok permasalahan penelitian. Pada tahap ini ditentukan judul penelitian yaitu Analisis Neraca Air Pada Sub DAS Code Yogyakarta. Pokok permasalahan pada penelitian ini adalah keseimbangan air pada sungai dimana kebutuhan air sungai hanya terbatas pada kebutuhan air untuk lahan pertanian.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Besarnya air hujan berkontribusi secara signifikan pada ketersediaan air dalam bentuk hujan efektif. Pada penelitian ini analisis ketersediaan air menghasilkan perkiraan ketersediaan air di suatu wilayah sungai, secara spasial dan waktu dengan menggunakan data curah hujan, debit sungai, dan data klimatologi. Data klimatologi digunakan untuk menghitung evapotranspirasi. Pada analisis ketersediaan air ini, sumber air yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah air permukaan dalam bentuk air sungai pada suatu daerah aliran sungai (DAS).

Curah Hujan

Data curah hujan pada penelitian ini menggunakan data dari tiga stasiun hujan yang berada pada sekitar daerah aliran sungai. Stasiun hujan yang digunakan adalah Stasiun Bedugan, Stasiun Gemawang, dan Stasiun Nyemengan. Letak stasiun hujan diuraikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Posisi Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	Posisi	
		Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)
1.	Bedugan	7.58.30	110.16.20
2.	Gemawang	7.58.12	110.36.994
3.	Nvemengan	7.84.391	110.34.599

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi data curah hujan dimaksudkan untuk menguji tingkat konsistensi data curah hujan wilayah setiap tahun pada masing-masing stasiun hujan. Data curah hujan dapat dikatakan sebagai data yang konsisten apabila menghasilkan garis lurus atau mendekati garis lurus. Perhitungan uji konsistensi data curah hujan diuraikan pada **Tabel 2**, **Tabel 3**, **Tabel 4**.

Tabel 2. Uji Konsistensi Curah Hujan Stasiun Bedugan

Tahun	Stasiun			Rerata Stasiun (B dan C)	Kumulatif Stasiun A	Kumulatif Stasiun (B dan C)
	Bedugan (A)	Gemawang (B)	Nvemengan (C)			
2009	1109,00	1539,30	1394,30	1466,80	1109,00	1466,80
2010	1314,00	1013,70	1375,90	1194,80	2423,00	2661,60
2011	933,10	1493,40	1914,40	1703,90	3356,10	4365,50
2012	817,40	1236,00	1456,70	1346,35	4173,50	5711,85
2013	1991,80	1802,20	2279,20	2040,70	6165,30	7752,55
2014	1649,50	1808,20	1604,00	1706,10	7814,80	9458,65
2015	1781,02	2063,70	1827,30	1945,50	9595,82	11404,15
2016	2036,88	3408,60	2273,60	2841,10	11632,70	14245,25
2017	2329,07	2818,50	2260,00	2539,25	13961,77	16784,50
2018	2153,84	1910,70	1413,60	1662,15	16115,61	18446,65

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Tabel 3. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Gemawang

Tahun	Stasiun			Rerata Stasiun (A dan C)	Kumulatif Stasiun B	Kumulatif Stasiun (A dan C)
	Gemawang (B)	Bedugan (A)	Nyemengan (C)			
2009	1539,30	1109,00	1394,30	1251,65	1539,30	1251,65
2010	1013,70	1314,00	1375,90	1344,95	2553,00	2596,60
2011	1493,40	933,10	1914,40	1423,75	4046,40	4020,35
2012	1236,00	817,40	1456,70	1137,05	5282,40	5157,40
2013	1802,20	1991,80	2279,20	2135,50	7084,60	7292,90
2014	1808,20	1649,50	1604,00	1626,75	8892,80	8919,65
2015	1451,69	1681,10	1827,30	1754,20	10344,49	10673,85
2016	2397,74	1922,60	2273,60	2098,10	12742,23	12771,95
2017	1982,64	2198,40	2260,00	2229,20	14724,87	15001,15
2018	1344,06	2033,00	1413,60	1723,30	16068,93	16724,45

Tabel 4. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Nyemengan

Tahun	Stasiun			Rerata Stasiun (A dan B)	Kumulatif Stasiun C	Kumulatif Stasiun (A dan B)
	Nyemengan (C)	Gemawang (B)	Bedugan (A)			
2009	1394,30	1109,00	1539,30	1324,15	1394,30	1324,15
2010	1375,90	1314,00	1013,70	1163,85	2770,20	2488,00
2011	1914,40	933,10	1493,40	1213,25	4684,60	3701,25
2012	1456,70	817,40	1236,00	1026,70	6141,30	4727,95
2013	2279,20	1991,80	1802,20	1897,00	8420,50	6624,95
2014	1604,00	1649,50	1808,20	1728,85	10024,50	8353,80
2015	2485,13	1681,10	2063,70	1872,40	12509,63	10226,20
2016	3092,10	1922,60	3408,60	2665,60	15601,72	12891,80
2017	3073,60	2198,40	2818,50	2508,45	18675,33	15400,25
2018	1922,50	2033,00	1910,70	1971,85	20597,82	17372,10

Curah Hujan Rata-Rata

Perhitungan luas stasiun sebenarnya pada DAS yang ditinjau:

a. Stasiun Bedugan

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{\text{Luas Pada Peta}}{\text{Skala}^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{222,545}{1^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 222,545 \times 275000^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 1,683 \times 10^{13} \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 16,83 \text{ km}^2$$

b. Stasiun Gemawang

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{\text{Luas Pada Peta}}{\text{Skala}^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{201,256}{1^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 201,256 \times 275000^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 1,522 \times 10^{13} \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 15,22 \text{ km}^2$$

c. Stasiun Nyemengan

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{\text{Luas Pada Peta}}{\text{Skala}^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = \frac{105,917}{1^2}$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 105,917 \times 275000^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 8,01 \times 10^{12} \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Sebenarnya} = 8,01 \text{ km}^2$$

Berdasarkan jumlah luasan wilayah yang diperoleh dari perhitungan lalu dibandingkan dengan luasan total DAS yang diketahui dari data BBWS Serayu Opak sebesar 40,06 km², maka dapat dikatakan bahwa hasil tersebut telah sesuai. Langkah selanjutnya adalah menghitung curah hujan rerata dengan metode poligon thiessen. Pada perhitungan ini hanya diberikan perhitungan sampel pada data curah hujan Januari 2017, perhitungan secara lengkap akan ditabelkan pada lampiran. Perhitungan data curah pada Januari 2017 diuraikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perhitungan Curah Hujan Rerata Metode Plogon Thiessen

No	Tahun	Bulan	Stasiun	Curah Hujan		Luas (mm ²)	CH x Luas	
				1	2		1	2
1.	2017	JAN	Bedugan	121,50	146,00	16,83	2044,26	2456,48
			Gemawang	180,80	200,10	15,22	2752,28	3046,08
			Nyemengan	112,00	97,50	8,01	897,34	781,17
			Jumlah			40,06	5693,89	6283,73
			Curah Hujan Rerata				142,13	156,86

Pada tahapan selanjutnya, setelah semua data curah hujan dihitung nilai rerata maka dilakukan rekapitulasi data curah hujan rerata pada setiap tahun yang diuraikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Data Curah Hujan Rerata

Bulan	Tengah Bulan ke	Curah Hujan Rerata (mm)									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
JAN	1	162,73	74,35	124,63	253,50	260,91	83,85	241,75	72,18	142,13	143,25
	2	137,31	101,97	149,45	145,60	158,36	145,46	142,13	96,16	156,86	330,72
FEB	1	167,18	124,98	169,51	107,40	174,75	132,71	124,51	151,00	207,60	160,49
	2	100,23	85,86	149,51	62,50	146,35	126,93	66,15	72,98	95,95	151,01
MAR	1	34,56	30,29	32,57	81,23	65,79	77,59	224,57	87,28	149,44	146,91
	2	56,52	56,87	97,17	27,09	55,75	59,44	120,67	148,59	235,60	119,88
APR	1	102,85	44,06	84,97	41,88	125,35	153,49	136,67	106,11	86,00	72,51
	2	17,03	24,57	52,96	17,35	49,24	98,36	185,90	61,01	124,36	31,73
MAY	1	29,98	13,58	70,65	44,28	45,22	50,12	74,80	78,20	19,98	0,43
	2	50,95	29,60	15,02	18,38	74,99	10,18	11,95	64,87	39,15	24,58
JUN	1	31,48	26,61	21,10	32,88	80,31	4,93	38,95	46,75	9,61	0,15
	2	0,46	2,07	9,09	6,27	47,24	52,30	0,00	69,80	19,49	32,52
JUL	1	21,47	24,47	0,49	3,28	20,76	52,18	0,00	21,36	0,70	0,00
	2	46,55	37,95	2,37	4,48	10,65	12,20	0,68	42,85	9,32	0,00
AUG	1	0,00	2,46	0,00	0,34	0,72	1,20	0,00	60,93	0,27	0,78
	2	12,54	8,21	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	14,57	0,00	0,30
SEP	1	0,04	30,26	0,00	0,00	4,75	0,00	0,00	12,68	2,32	6,58
	2	0,00	24,06	7,45	0,00	0,00	0,00	0,00	120,48	64,89	14,34
OCT	1	10,05	22,31	25,36	18,62	0,23	0,00	0,00	129,66	57,53	1,14
	2	55,23	73,94	43,19	43,84	79,50	0,00	0,00	73,56	43,62	0,36
NOV	1	36,73	81,74	97,36	52,64	193,20	117,03	107,12	120,49	137,44	197,10
	2	105,80	96,49	133,49	185,52	143,75	181,97	92,95	230,07	442,59	172,05
DEC	1	78,75	140,57	104,51	116,77	82,82	168,59	234,27	123,46	98,34	229,31
	2	93,62	124,64	161,35	183,78	232,98	243,03	72,89	185,56	182,39	128,41

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Hujan Efektif

Pada langkah selanjutnya data curah hujan merata diurutkan dari data terbesar hingga terkecil lalu menentukan probabilitas setiap urutan data curah hujan merata. Perhitungan nilai probabilitas diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \frac{n}{(n \text{ total}) + 1} \times 100 \\ \text{Peluang 1} &= \frac{1}{10 + 1} \times 100 = 9\% \\ \text{Peluang 2} &= \frac{2}{10 + 1} \times 100 = 18\% \\ \text{Peluang 3} &= \frac{3}{10 + 1} \times 100 = 27\% \\ \text{Peluang 4} &= \frac{4}{10 + 1} \times 100 = 36\% \\ \text{Peluang 5} &= \frac{5}{10 + 1} \times 100 = 45\% \\ \text{Peluang 6} &= \frac{6}{10 + 1} \times 100 = 55\% \end{aligned}$$

Nilai peluang selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dengan perhitungan tersebut hingga data terakhir. Peluang dengan nilai kemungkinan 80% dihitung dengan metode interpolasi. Perhitungan R80 pada bulan Januari Setengah Bulan Ke-1 diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R80 &= \frac{80 - 73}{82 - 73} \times (\text{hujan } 73\% - \text{hujan } 82\%) \\ &\quad + (\text{hujan } 82\%) \\ R80 &= \frac{80 - 73}{82 - 73} \times (83,85 - 74,35) + (74,35) \\ R80 &= 81,74 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai R80, langkah berikutnya adalah menghitung nilai RE Padi dan RE Palawija berdasarkan nilai R80 tersebut. Analisis perhitungan hujan efektif diuraikan dalam satu sampel data pada bulan Januari Setengah Bulan Ke-1. Perhitungan RE Padi dan RE Palawija dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RE Padi} &= 0,7 \times \frac{R80}{\text{jumlah hari}} \\ \text{RE Padi} &= 0,7 \times \frac{81,74}{15} \\ \text{RE Padi} &= 3,81 \text{ mm/hari} \\ \text{RE Palawija} &= 0,5 \times \frac{R80}{\text{jumlah hari}} \\ \text{RE Palawija} &= 0,5 \times \frac{81,74}{15} \\ \text{RE Palawija} &= 2,72 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial merupakan evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada

kondisi air tersedia berlebih. Evapotranspirasi merupakan faktor penting ketika memprediksi debit andalan dengan Metode Mock. Perhitungan evapotranspirasi potensial diuraikan dengan sampel data bulan Januari 2017, perhitungan lainnya akan ditabelkan dalam lampiran. Perhitungan ET_0 Januari 2017 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_n &= S_o \times (1 - \alpha) \times \left[0,29 + \left(0,42 \times \frac{n}{N} \right) \right] \\ S_n &= 780 \times (1 - 0,14) \\ &\quad \times \left[0,29 + \left(0,42 \times \frac{37,95}{100} \right) \right] \\ S_n &= 301,451 \text{ cal/cm}^2/\text{hari} \\ L_n &= \sigma \times T^4 \times (0,56 - 0,092 \times \sqrt{ed}) \\ &\quad \times \left[0,1 + \left(0,9 \times \frac{n}{N} \right) \right] \\ S_n &= (1,17 \times 10^{-7}) \times 301,650^4 \\ &\quad \times (0,56 - 0,092 \times \sqrt{22,633}) \\ &\quad \times \left[0,1 + \left(0,9 \times \frac{37,95}{100} \right) \right] \\ S_n &= 52,321 \text{ cal/cm}^2/\text{hari} \\ R_n &= S_n - L_n \\ R_n &= 301,451 - 52,321 \\ R_n &= 249,130 \text{ cal/cm}^2/\text{hari} \\ I_v &= 597,3 - (0,564 \times T) \\ I_v &= 597,3 - (0,564 \times 28,65) \\ I_v &= 581,141 \text{ cal/cm}^2/\text{hari} \\ E_n &= \frac{R_n}{pw \times I_v \times 10} \\ &\quad \frac{249,139}{1 \times 581,141 \times 10} \\ S_n &= 4,287 \text{ mm/hari} \\ E &= 0,35 \times (0,5 + 0,54 \times U_2) \times (es - ed) \\ E &= 0,35 \times (0,5 + 0,54 \times 0,638) \\ &\quad \times (29,432 - 22,633) \\ E &= 2,010 \text{ mm/hari} \\ ET_0 &= \frac{(\beta \times E_n) + E}{\beta + 1} \\ ET_0 &= \frac{(3,466 \times 4,287) + 2,010}{3,466 + 1} \\ ET_0 &= 3,777 \text{ mm/hari} \\ ET_0 &= 117,089 \text{ mm/bulan} \end{aligned}$$

Evapotranspirasi Aktual

Perhitungan evapotranspirasi aktual (E_a) diuraikan dengan data sampel pada bulan Januari 2017.

$$\begin{aligned} E/E_p &= \frac{m}{20} \times (18 - n) = \frac{0,5}{20} \times (18 - 29) \\ &= -0,28 \end{aligned}$$

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE
YOGYAKARTA

$$E = Ep \times \frac{m}{20} \times (18 - n)$$

$$= 117,09 \times (-0,28)$$

$$= -32,20 \text{ mm/bulan}$$

$$Ea = Ep - E = 117,09 - (-32,20)$$

$$= 149,29 \text{ mm/bulan}$$

Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dapat dilanjutkan setelah memperoleh nilai parameter DAS. Perhitungan berikut ini hanya dilakukan pada satu sampel data bulan Januari 2017.

a. *Water Balance*

$$ER = P - Ea$$

$$ER = 298,99 - 149,29$$

$$ER = 149,70 \text{ mm}$$

$$SR = P \times PF$$

$$SR = 298,99 \times 30\%$$

$$SR = 89,70 \text{ mm}$$

$$SMS = 50 \text{ mm}$$

(nilai SMS untuk awal bulan sebesar 50 mm)

$$WS = SR$$

$$WS = 89,70 \text{ mm}$$

b. *Run Off & Ground Water Storage*

1. Infiltrasi (I)

$$I = WS \times i$$

$$I = 89,70 \times 0,40$$

$$I = 35,88 \text{ mm}$$
2. Nilai k, besarnya faktor resepsi aliran tanah ditentukan sebesar 0,9

$$I = 0,5 \times (1 + k) \times I$$

$$I = 0,5 \times (1 + 0,9) \times 35,88$$

$$I = 61,49 \text{ mm}$$
3. Nilai V_n-1 , penentuan nilai pada awal bulan adalah 0 mm

$$I = k \times V_n - 1$$

$$I = 0,9 \times 0$$

$$I = 0 \text{ mm}$$
4. Volume Penyimpanan Air Tanah (V_n)

$$V_n = (k \times V_n - 1) + 0,5 \times (1 + k) \times I$$

$$V_n = 0 + 61,49$$

$$V_n = 61,49 \text{ mm}$$

Perhitungan V_n dilakukan dalam empat tahap dengan cara yang sama hingga diperoleh nilai $V_n-1 = 169,5 \text{ mm}$ dan $V_n = 180,18 \text{ mm}$.
5. Perubahan Volume Air (dV_n)

$$dV_n = V_n - V_n - 1$$

$$dV_n = 180,18 - 169,5$$

$$dV_n = 10,63 \text{ mm}$$

6. Aliran Dasar (BF)

$$BF = I - dV_n$$

$$dV_n = 35,88 - 10,63$$

$$dV_n = 25,25 \text{ mm}$$

7. Aliran Permukaan (DRo)

$$DRo = WS - I$$

$$dV_n = 89,7 - 35,88$$

$$dV_n = 53,82 \text{ mm}$$

8. Total Aliran (TRo)

$$TRo = BF + DRo$$

$$TRo = 25,25 + 53,82$$

$$TRo = 79,07 \text{ mm}$$

c. Debit Aliran Sungai pada DAS

$$Q = \frac{\frac{TRo}{1000} \times A \times 10^6}{(n \times 24 \times 3600)}$$

$$Q = \frac{79,07}{1000} \times 40,06 \times 10^6$$

$$Q = \frac{31 \times 24 \times 3600}{1000}$$

$$Q = 1,21 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan debit aliran sungai pada DAS lain dilanjutkan menggunakan metode yang sama dan akan ditabelkan pada lampiran. Debit andalan dihitung dengan keandalan 80% dari data debit 10 tahun, data debit diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil, sehingga mendapat nilai probabilitas sebesar 80% dari interpolasi urutan data tersebut. Adapun perhitungan nilai probabilitas adalah sebagai berikut:

$$\text{Peluang} = \frac{n}{(n \text{ total}) + 1} \times 100$$

$$\text{Peluang 1} = \frac{1}{10 + 1} \times 100 = 9\%$$

$$\text{Peluang 2} = \frac{2}{10 + 1} \times 100 = 18\%$$

$$\text{Peluang 3} = \frac{3}{10 + 1} \times 100 = 27\%$$

$$\text{Peluang 4} = \frac{4}{10 + 1} \times 100 = 36\%$$

Analisis Kebutuhan Air

Pada kondisi sekarang ini dihitung prediksi kebutuhan air tanpa peningkatkan efisiensi irigasi maka nilai efisiensi irigasi (EI) ditetapkan 0,5 dan pemakaian air kembali (RF) ditetapkan 0,0 (Triatmodjo, 2008: 332).

Kebutuhan Air Tanaman

Perhitungan kebutuhan air irigasi pada penelitian ini didasarkan pada pola tata tanam normal padi-padi-palawija. Tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi diuraikan sebagai berikut:

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE
YOGYAKARTA

- a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan masa tanam (MT) 1
1. Penyiapan Lahan (LP) MT 1 dimulai pada bulan November ke-1 dengan nilai ET_0 sebesar 4,062 mm/hari, tebal penjumlahan (S) sebesar 250 mm, nilai perkolasi ditentukan sebesar 3 mm/hari dan nilai lama penyinaran lahan (T) sebesar 30 hari.
 2. Kebutuhan Air Pengganti Ecaporasi dan Perkolasi (M)

$$M = (1,1 \times ET_0) + P$$

$$M = (1,1 \times 4,062) + 3,00$$

$$M = 7,468 \text{ mm/hari}$$
 3. Nilai K

$$K = (M \times T)/S$$

$$K = (7,468 \times 30)/250$$

$$K = 0,896$$
 4. Kebutuhan Air di Sawah

$$IR = \frac{M \times e^k}{(e^k - 1)}$$

$$IR = \frac{7,468 \times 2,7183^{0,896}}{(2,7183^{0,896} - 1)}$$

$$IR = 12,618 \text{ mm/hari}$$
 5. Nilai NFR pada saat penyiapan lahan bulan November ke-1

$$NFR = IR - Re$$

$$NFR = 12,618 - 3,51$$

$$NFR = 9,10 \text{ mm/hari}$$
 6. Nilai NFR pada saat penyiapan lahan bulan November ke-2

$$NFR = IR - Re$$

$$NFR = 12,618 - 4,84$$

$$NFR = 7,78 \text{ mm/hari}$$
- b. Kebutuhan air untuk masa tanam (MT) 1
1. Masa Tanam 1 dimulai setelah persiapan lahan selesai, yaitu pada bulan Desember ke-1 dengan nilai ET_0 sebesar 3,686 mm/hari, nilai hujan efektif (Re) sebesar 4,43 mm/hari, nilai perkolasi sebesar 3 mm/hari, nilai WLR sebesar 1,61 mm/hari (ditentukan berdasarkan buku Kriteria Perencanaan Irigasi (KP)-01), dan nilai koefisien tanaman menggunakan FAO dengan varietas unggul.
 2. Kebutuhan konsumtif tanaman padi (Etc)

$$Etc = ET_0 \times kc$$

$$Etc = 3,686 \times 1,10$$

$$Etc = 4,05 \text{ mm/hari}$$
 3. Nilai NFR untuk masa tanam (MT) 1

$$NFR \text{ Desember ke-1} = Etc + P - Re + WLR$$

$$NFR \text{ Desember ke-1} = 4,05 + 3,00 - 4,43 + 1,61$$
- NFR Desember ke-1 = 4,24 mm/hari = 0,49 lt/dt/ha
4. Nilai kebutuhan air untuk masa tanam 1 (DR)

$$DR \text{ Desember ke-1} = NFR \times A$$

$$DR \text{ Desember ke-1} = 0,49 \times 413$$

$$DR \text{ Desember ke-1} = 202,64 \text{ lt/dt/ha}$$
- Perhitungan kebutuhan air pada MT 1 pada bulan Desember ke-2 hingga Februari ke-2 dihitung dengan cara yang sama.
- c. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan masa tanam (MT) 2
1. Penyiapan Lahan (LP) MT 2 dimulai pada bulan Maret ke-1 dengan nilai ET_0 sebesar 3,969 mm/hari, tebal penjumlahan (S) sebesar 250 mm, nilai perkolasi ditentukan sebesar 3 mm/hari dan nilai lama penyinaran lahan (T) sebesar 30 hari.
 2. Kebutuhan Air Pengganti Ecaporasi dan Perkolasi (M)

$$M = (1,1 \times ET_0) + P$$

$$M = (1,1 \times 3,969) + 3,00$$

$$M = 7,366 \text{ mm/hari}$$
 3. Nilai K

$$K = (M \times T)/S$$

$$K = (7,366 \times 30)/250$$

$$K = 0,884$$
 4. Kebutuhan Air di Sawah

$$IR = \frac{M \times e^k}{(e^k - 1)}$$

$$IR = \frac{7,366 \times 2,7183^{0,884}}{(2,7183^{0,884} - 1)}$$

$$IR = 12,552 \text{ mm/hari}$$
 5. Nilai NFR pada saat penyiapan lahan bulan Maret ke-1

$$NFR = IR - Re$$

$$NFR = 12,552 - 1,59$$

$$NFR = 10,96 \text{ mm/hari}$$
 6. Nilai NFR pada saat penyiapan lahan bulan Maret ke-2

$$NFR = IR - Re$$

$$NFR = 12,552 - 2,46$$

$$NFR = 10,09 \text{ mm/hari}$$
- d. Kebutuhan air untuk masa tanam (MT) 1
1. Masa Tanam 2 dimulai setelah persiapan lahan selesai, yaitu pada bulan April ke-1 dengan nilai ET_0 sebesar 4,109 mm/hari, nilai hujan efektif (Re) sebesar 3,09 mm/hari, nilai perkolasi sebesar 3 mm/hari, nilai WLR sebesar 1,67 mm/hari (ditentukan berdasarkan buku Kriteria Perencanaan Irigasi (KP)-01), dan nilai koefisien tanaman FAO dengan varietas unggul.
 2. Kebutuhan konsumtif tanaman padi (Etc)

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

- Etc = $ET_0 \times kc$
 Etc = $4,109 \times 1,10$
 Etc = $4,52 \text{ mm/hari}$
3. Nilai NFR untuk masa tanam (MT) 2
 $NFR \text{ April ke-1} = ET_c + P - Re + WLR$
 $NFR \text{ April ke-1} = 4,52 + 3,00 - 3,09 + 1,67$
 $NFR \text{ April ke-1} = 6,10 \text{ mm/hari} = 0,71 \text{ lt/dt/ha}$
 4. Nilai kebutuhan air untuk masa tanam 2 (DR)
 $DR \text{ April ke-1} = NFR \times A$
 $DR \text{ April ke-1} = 0,71 \times 413$
 $DR \text{ April ke-1} = 291,48 \text{ lt/dt/ha}$
 Perhitungan kebutuhan air pada MT 2 pada bulan April ke-2 hingga Juni ke-2 dihitung dengan cara yang sama.
- e. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan masa tanam (MT) 3
1. Penyiapan Lahan (LP) MT 3 dimulai pada bulan Juli ke-1 dengan nilai ET_0 sebesar $4,041 \text{ mm/hari}$, tebal penjemuran (S) sebesar 250 mm , nilai perkolasi ditentukan sebesar 3 mm/hari dan nilai lama penyinaran lahan (T) sebesar 30 hari .
 2. Kebutuhan Air Pengganti Ecaporasi dan Perkolasi (M)
 $M = (1,1 \times ET_0) + P$
 $M = (1,1 \times 4,041) + 3,00$
 $M = 7,446 \text{ mm/hari}$
 3. Nilai K
 $K = (M \times T)/S$
 $K = (7,446 \times 30)/250$
 $K = 0,893$
 4. Kebutuhan Air di Sawah
 $IR = \frac{M \times e^k}{(e^k - 1)}$
 $IR = \frac{7,446 \times 2,7183^{0,893}}{(2,7183^{0,893} - 1)}$
 $IR = 12,603 \text{ mm/hari}$
 5. Nilai NFR pada saat penyiapan lahan bulan Juli ke-1
 $NFR = IR - Re$
 $NFR = 12,603 - 0,01$
 $NFR = 12,60 \text{ mm/hari}$

- f. Kebutuhan air untuk masa tanam (MT) 1
1. Masa Tanam 3 dimulai setelah persiapan lahan selesai, yaitu pada bulan Juli ke-2 dengan nilai ET_0 sebesar $4,041 \text{ mm/hari}$, nilai hujan efektif (Re) sebesar $0,06 \text{ mm/hari}$, nilai perkolasi sebesar 3 mm/hari , nilai WLR sebesar $0,00 \text{ mm/hari}$ (ditentukan berdasarkan buku Kriteria Perencanaan Irigasi (KP)-01), dan nilai

- koefisien tanaman menggunakan FAO dengan varietas unggul.
2. Kebutuhan konsumtif tanaman padi (Etc)
 $Etc = ET_0 \times kc$
 $Etc = 4,041 \times 0,50$
 $Etc = 2,02 \text{ mm/hari}$
 3. Nilai NFR untuk masa tanam (MT) 1
 $NFR \text{ Juli ke-2} = ET_c + P - Re + WLR$
 $NFR \text{ Juli ke-2} = 2,02 + 3,00 - 0,06 + 0,00$
 $NFR \text{ Juli ke-2} = 4,93 \text{ mm/hari} = 0,57 \text{ lt/dt/ha}$
 4. Nilai kebutuhan air untuk masa tanam 2 (DR)
 $DR \text{ Juli ke-2} = NFR \times A$
 $DR \text{ Juli ke-2} = 0,57 \times 413$
 $DR \text{ Juli ke-2} = 235,83 \text{ lt/dt/ha}$

Ketersediaan Air Tanaman

Ketersediaan air tanaman adalah sebuah perbandingan hasil perhitungan kebutuhan air antara hasil perhitungan ketersediaan air. Perbandingan kedua nilai ini dijelaskan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Ketersediaan Air

Bulan	Periode	Jenis Tanaman	Ketersediaan (lt/dt)	Kebutuhan Air (DR) (lt/dt/ha)	Keterangan
Nov	1	Padi	331,03	435,22	Terpenuhi
	2		593,83	371,74	Terpenuhi
Des	1		826,70	202,64	Terpenuhi
	2		874,68	168,08	Terpenuhi
Jan	1		1029,92	207,37	Terpenuhi
	2		1014,00	118,96	Terpenuhi
Feb	1		1296,52	8,12	Terpenuhi
	2		1142,64	0,00	Terpenuhi
Mar	1		523,88	523,88	Terpenuhi
	2		482,47	482,47	Terpenuhi
Apr	1		291,48	291,48	Terpenuhi
	2		387,88	387,88	Terpenuhi
Mei	1	382,69	382,69	Terpenuhi	
	2	394,10	394,10	Terpenuhi	
Jun	1	310,54	310,54	Terpenuhi	
	2	0,00	0,00	Terpenuhi	
Jul	1	0,00	0,00	Terpenuhi	
	2	235,83	235,83	Terpenuhi	
Ags	1	255,66	255,66	Tidak	
	2	286,84	286,84	Tidak	
Sep	1	292,44	292,44	Tidak	
	2	337,79	337,79	Tidak	
Okt	1	345,76	345,76	Tidak	
	2	0,00	0,00	Terpenuhi	

Neraca Air

Analisis keseimbangan air pada Sub Das Code Yogyakarta didasarkan pada perhitungan ketersediaan air sub das dan perhitungan kebutuhan air lahan pertanian sekitar sub das. Analisis ketersediaan air menggunakan analisis debit andalan metode F.J. Mock berdasarkan data curah hujan rerata selama 10 tahun hasil perhitungan metode poligon thiessen. Hasil dari analisis keseimbangan air diuraikan pada **Tabel 8**.

ANALISIS NERACA AIR PADA SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CODE YOGYAKARTA

Tabel 8. Hasil Analisis Keseimbangan Air

Bulan	Periode	Kebutuhan Air Irigasi			Ketersediaan Air (lt/dt)	Neraca Air (lt/dt)
		NFR (lt/dt/ha)	Luas Lahan (ha)	Kebutuhan Air (lt/dt)		
Nov	1	1,05	413,00	435,22	331,03	-104,19
	2	0,90	413,00	371,74	593,83	222,08
Des	1	0,49	413,00	202,64	826,70	624,05
	2	0,41	413,00	168,08	874,68	706,61
Jan	1	0,50	413,00	207,37	1029,92	822,55
	2	0,29	413,00	118,96	1014,00	895,05
Feb	1	0,23	413,00	93,47	1296,52	1203,05
	2	0,00	413,00	0,00	1142,64	1142,64
Mar	1	1,27	413,00	523,88	952,02	428,14
	2	1,17	413,00	482,47	723,34	240,87
Apr	1	0,71	413,00	291,48	801,29	509,81
	2	0,94	413,00	387,88	595,81	207,93
Mei	1	0,93	413,00	382,69	514,31	131,63
	2	0,95	413,00	394,10	455,84	61,74
Jun	1	0,94	413,00	390,21	365,70	-24,51
	2	0,00	413,00	0,00	299,18	299,18
Jul	1	1,46	413,00	601,83	238,20	-363,63
	2	0,57	413,00	235,83	162,81	-73,01
Agu	1	0,62	413,00	255,66	121,74	-133,92
	2	0,69	413,00	286,84	80,05	-206,78
Sept	1	0,71	413,00	292,44	74,97	-217,47
	2	0,82	413,00	337,79	63,35	-274,44
Okt	1	0,84	413,00	345,76	67,36	-278,40
	2	0,00	413,00	0,00	44,85	44,85

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan serta pembahasan tentang neraca air Sub DAS Code Yogyakarta, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Ketersediaan air terbesar terjadi pada bulan Februari yaitu 1061,27 lt/dt dan ketersediaan air terkecil terjadi pada bulan Oktober sebesar 175,47 lt/dt. Kebutuhan air rerata Sub DAS Code Yogyakarta adalah 276,72 lt/dt.
- Kebutuhan air terbesar terjadi pada bulan Maret ke-1 yaitu 523,88 lt/dt dan kebutuhan air terkecil terjadi pada bulan Februari ke-1 sebesar 8,12 lt/dt.
- Berdasarkan hasil perhitungan ketersediaan air Sub DAS Code Yogyakarta masih cukup melimpah. Namun, terjadi defisit air tertinggi pada bulan Oktober ke-1 sebesar 170,29 lt/dt dan defisit terendah pada bulan Agustus ke-2 sebesar 3,24 lt/dt. Selain itu juga terjadi surplus air tertinggi pada bulan Februari ke-2 sebesar 1061,27 lt/dt dan surplus air terendah pada bulan November ke-1 sebesar 38,53.

Saran

Adapun beberapa saran berdasarkan hasil analisis neraca air Sub DAS Code Yogyakarta adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan air pada bulan tertentu cukup melimpah, sehingga perlu dilakukan kajian khusus pembuatan bendung agar air tidak terbuang dan dapat digunakan untuk menutupi kekurangan air pada bulan kering.
- Pada bulan-bulan kering terdapat defisit air yang cukup besar sehingga perlu dilakukan

kajian pola tata tanam dan jenis tanaman serta aturan luas lahan yang boleh ditanami pada bulan kering sehingga setiap petani tidak mengalami kekeringan dan tetap tercukupi kebutuhan airnya.

Daftar Rujukan

- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. 2020. *Data Hidrologi*. Yogyakarta: Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi BBWS Serayu Opak.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. 2020. *Data Klimatologi*. Yogyakarta: Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi BBWS Serayu Opak.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (KP-01)*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan Air*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi Kementerian PUPR.
- Priyongroho, Anton. 2014. *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2(3), 457 – 470.
- Nurkholis, A, dkk. 2016. *Analisis Neraca Air DAS Sembung, Kabupaten Sleman, DIY (Ketersediaan Air, Kebutuhan Air, Kekritisian Air)*. Yogyakarta: Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sudinda, Teddy W. 2019. *Penentuan Debit Andalan dengan Metoda FJ MOCK di Daerah Aliran Sungai Cisadane*. Jurnal Air Indonesia, 11(1), 15 – 24.
- Triatmojo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Universitas Teknologi Yogyakarta. 2019. *Pedoman Umum Teknis Penulisan Ilmiah Fakultas Sains dan Teknologi Yogyakarta*. Yogyakarta: FST UTY.