



BAB 4

ANALISIS KETERSEDIAAN DAN KEBUTUHAN AIR

4.1 Uraian Umum

Ketersediaan air dan pengelolaan sumber daya air turut menjadi faktor keberhasilan dibidang pertanian. Oleh sebab itu perencanaan dalam pengelolaan irigasi dengan pengolahan data hidrologi dan data klimatologi yang bertujuan untuk dapat memproyeksikan besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air untuk lahan pertanian, sehingga didapat kesesuaian antara potensi sumber daya air yang ada dengan pola operasi air.

Berdasarkan Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Blora Tahun 2013, tata guna lahan terdiri dari semak belukar 46%, kebun/tegalan 4%, sawah irigasi 1%, sawah tadah hujan 31% dan hutan jati (lahan perhutani) 18%. Secara administrasi Sungai Randugunting melewati tiga kabupaten di Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Blora di bagian hulu dan menjadi batas wilayah dengan Kabupaten Rembang dan Kabupaten Pati bagian hilirnya. Lokasi studi dilakukan di bagian Hulu Sungai Randugunting yang berada di Kecamatan Japah, tepatnya di Sungai Banyuasin, Desa Kalinanas, Kecamatan Japah, untuk mengetahui lebih lanjut tentang lokasi studi, berikut penjelasannya.

4.2 Analisis Ketersediaan Air

Ketersediaan air dapat berupa tiga bentuk, yaitu air tanah, air hujan dan air permukaan. Ketersediaan air yang dimaksud yaitu ketersediaan air di Waduk Randugunting, bukan merupakan ketersediaan air di sungai atau yang disebut dengan debit andalan. Analisis ketersediaan air didapat perkiraan ketersediaan air pada Sungai Randugunting, secara spasial dan waktu. Analisis ini pada dasarnya meliputi langkah-langkah: (1) analisis hidrologi, (2) analisis data debit aliran, (3) analisis data hujan dan iklim. Pada analisis ketersediaan ini, digunakan Metode F.J Mock untuk perhitungan debit aliran tersedia.



4.2.1 Analisis Hidrologi

Pada umumnya analisis hidrologi yaitu analisis pertama dalam perancangan bangunan pengairan. Keluaran dari analisis ini adalah ketersediaan air di sungai, debit banjir, sedimentasi dan lain-lain.

4.2.1.1 Analisis Daerah Aliran Sungai Randugunting

Data curah hujan dan debit menjadi data yang penting dalam perencanaan suatu waduk. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapat besarnya curah hujan rata-rata pada suatu Daerah Aliran Sungai. Menentukan hujan rata-rata, dapat digunakan beberapa metode yaitu metode aritmatika, metode *isohyet* dan metode *polygon Thiessen*.

Sesuai dengan peta topografi dan peta RBI yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah, didapat DAS Randugunting dengan luas 17,98 km² dan panjang sungai utama 8,70 km.



Gambar 4.1 Peta DAS Randugunting

Melalui DAS Randugunting, diketahui ada tujuh pos stasiun hujan yang letaknya berada disekitar DAS Randugunting antara lain, stasiun hujan Sumber, stasiun hujan Pucakwangi, stasiun hujan Japah, stasiun Tunjungan, stasiun Todanan, stasiun hujan Sulang dan stasiun hujan



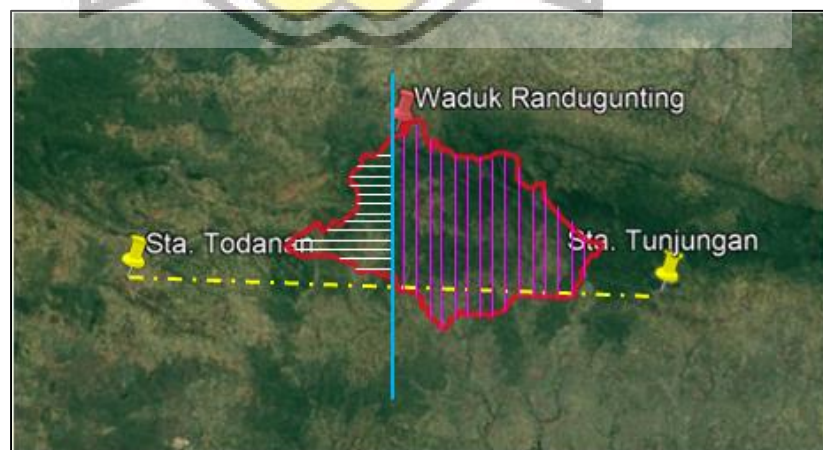
Lawungan. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut adalah letak koordinat stasiun DAS Randugunting.

Tabel 4.1 Koordinat Stasiun Hujan DAS Randugunting

No	Stasiun	Koordinat	Lokasi
1	Sumber	X : 528859	Desa Tunjungan
		Y : 9248763	Kec. Tunjungan, Kab. Blora
2	Pucakwangi	X : 518893,59	Desa Todanan
		Y : 9244156,25	Kec. Todanan, Kab. Blora
3	Japah	X : 532034,87	Desa Tunjungan
		Y : 9232653,03	Kec. Tunjungan, Kab. Blora
4	Sulang	X : 542099,2	Desa Todanan
		Y : 233497,44	Kec. Todanan, Kab. Blora
5	Tunjungan	X : 39217,74	Desa Tunjungan
		Y : 236075,14	Kec. Tunjungan, Kab. Blora
6	Todanan	X : 519536,82	Desa Todanan
		Y : 233497,44	Kec. Todanan, Kab. Blora
7	Lawungan	X : 534460	Desa Tunjungan
		Y : 9225797	Kec. Tunjungan, Kab. Blora

(Sumber: BBWS Pemali Juana, 2015)

Pada perhitungan curah hujan kawasan, digunakan metode *polygon Thiessen*. Kemudian dilakukan *plotting* lokasi stasiun hujan pada peta DAS Randugunting, sehingga diketahui pos hujan yang berpengaruh pada DAS Randugunting. Minimnya ketersediaan data hujan harian, maka digunakan stasiun hujan Tunjungan dan Todanan. Prinsip dari metode ini adalah memberikan bobot pada setiap stasiun hujan yang dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luasan tertentu, dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 *Polygon Thiessen* DAS Randugunting



4.2.1.2 Analisis Curah Hujan Kawasan

Komponen hidrologi yang paling penting adalah hujan, karena data curah hujan akan diproses menjadi aliran di sungai. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian pada suatu DAS. Pada DAS Randugunting, besaran curah hujan rata-rata dihitung menggunakan metode *polygon Thiessen*. Contoh formulir data hujan harian dari Pos Stasiun Hujan Todanan tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Contoh Form Data Hujan Harian Stasiun Todanan Tahun 2017

DATA HUJAN HARIAN												
No. R 14												Tahun 2017
Nama Pos : Pos Hujan Todanan												
Daerah Aliran Sungai : Lusi	Tahun Pendirian : 2006											
Wilayah Sungai : SELUNA	Elevasi Pos : + 250 m dpl											
Lokasi Pos : Todanan	Dibangun Oleh : PIPWS Jratunsekina											
Data Geografis : 06 56 30" LS; 111 10 33" BT	Propinsi : Jawa Tengah											
Kabupaten/Kecamatan : Blora / Todanan	Pelaksana : OPSDA I BBWS Pemali Juana											
Tabel Hujan Harian (mm)												
Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
2	0	13	0	0	0	27	0	0	0	21	0	47
3	0	0	68	7	0	0	0	0	0	53	0	0
4	38	44	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
5	0	9	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
6	44	16	0	4	0	0	0	0	0	0	15	0
7	0	31	85	14	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	16	0	15	0	8	0	0	0	5	27	0
9	1	0	0	9	13	0	0	0	0	0	0	31
10	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	18	0
11	9	0	0	13	0	0	3	5	0	0	0	46
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	5	7
13	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	0	43	0	0	0	0	0	0	0	66	0
15	29	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0
17	15	0	0	0	0	0	0	0	0	13	46	0
18	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	7	0	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	16	0	0	0	0	0	8	0	22
21	43	63	9	0	0	6	0	0	0	0	81	6
22	14	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	21	0	0	0	0	0	0	0	0	53	9	0
25	23	0	0	0	0	15	0	0	0	0	18	0
26	2	27	0	0	0	11	0	0	32	0	6	0
27	17	0	16	0	15	21	0	0	2	0	0	0
28	3	0	17	13	0	29	3	0	0	0	0	13
29	0	8	58	12	0	0	0	0	0	43	11	0
30	0	0	0	5	0	17	0	0	55	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Jumlah (mm)	329	224	307	173	53	111	29	5	89	254	302	194
Jumlah hari hujan (hari)	20	9	12	11	5	6	4	1	3	9	11	9
Rata-rata (mm)	10,6	8	9,9	5,8	1,7	3,7	0,9	0,2	3	8,2	10,1	6,3
Max (mm)	44	63	85	58	15	29	17	5	55	53	81	47

Keterangan : " - " tidak ada data

(Sumber: BBWS Pemali Juana, 2020)

Selanjutnya dilakukan perhitungan luas daerah pengaruh dengan menghubungkan stasiun hujan dengan poligon. Luasan daerah yang dibentuk oleh batasan garis poligon tersebut menjadi pengaruh dalam DAS Randugunting. Dikarenakan minimnya ketersediaan data hujan harian, maka digunakan stasiun hujan Todanan dan Tunjungan.



Berikut adalah contoh perhitungan faktor pembobotan hujan kawasan.

a. Perhitungan faktor pembobotan hujan kawasan

Langkah 1 : perhitungan nilai koefisien pembobotan (C_i) stasiun hujan Tunjungan dan Todanan

$$C_{i_{\text{Tunjungan}}} = \frac{A_1}{A_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{14,1874 \text{ km}^2}{17,98 \text{ km}^2} \times 100\% = 78,9022\%$$

$$C_{i_{\text{Todanan}}} = \frac{A_1}{A_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{3,7936 \text{ km}^2}{17,98 \text{ km}^2} \times 100\% = 21,0978\%$$

Langkah 2 : jumlah curah hujan pada stasiun hujan Tunjungan dan Todanan pada bulan Januari periode 1 tahun 2010

1. Jumlah hujan pos stasiun hujan Tunjungan = 345 mm
2. Jumlah hujan pos stasiun hujan Todanan = 497 mm

b. Perhitungan curah hujan kawasan pada bulan Januari periode 1 dan 2 tahun 2010 sebagai berikut

$$R_1 = \frac{R_{\text{Tunjungan}} \cdot C_i + R_{\text{Todanan}} \cdot C_i}{100} \\ = \frac{345 \cdot 78,9022 + 496,5 \cdot 21,0978}{100} \\ = 376,96 \text{ mm}$$

$$R_2 = \frac{R_{\text{Tunjungan}} \cdot C_i + R_{\text{Todanan}} \cdot C_i}{100} \\ = \frac{117 \cdot 78,9022 + 151 \cdot 21,0978}{100} \\ = 124,18 \text{ mm}$$



c. Hasil perhitungan curah hujan kawasan

Hasil perhitungan curah hujan kawasan per tahun dari 2010-2019 dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Curah Hujan Kawasan Tahun 2010-2019

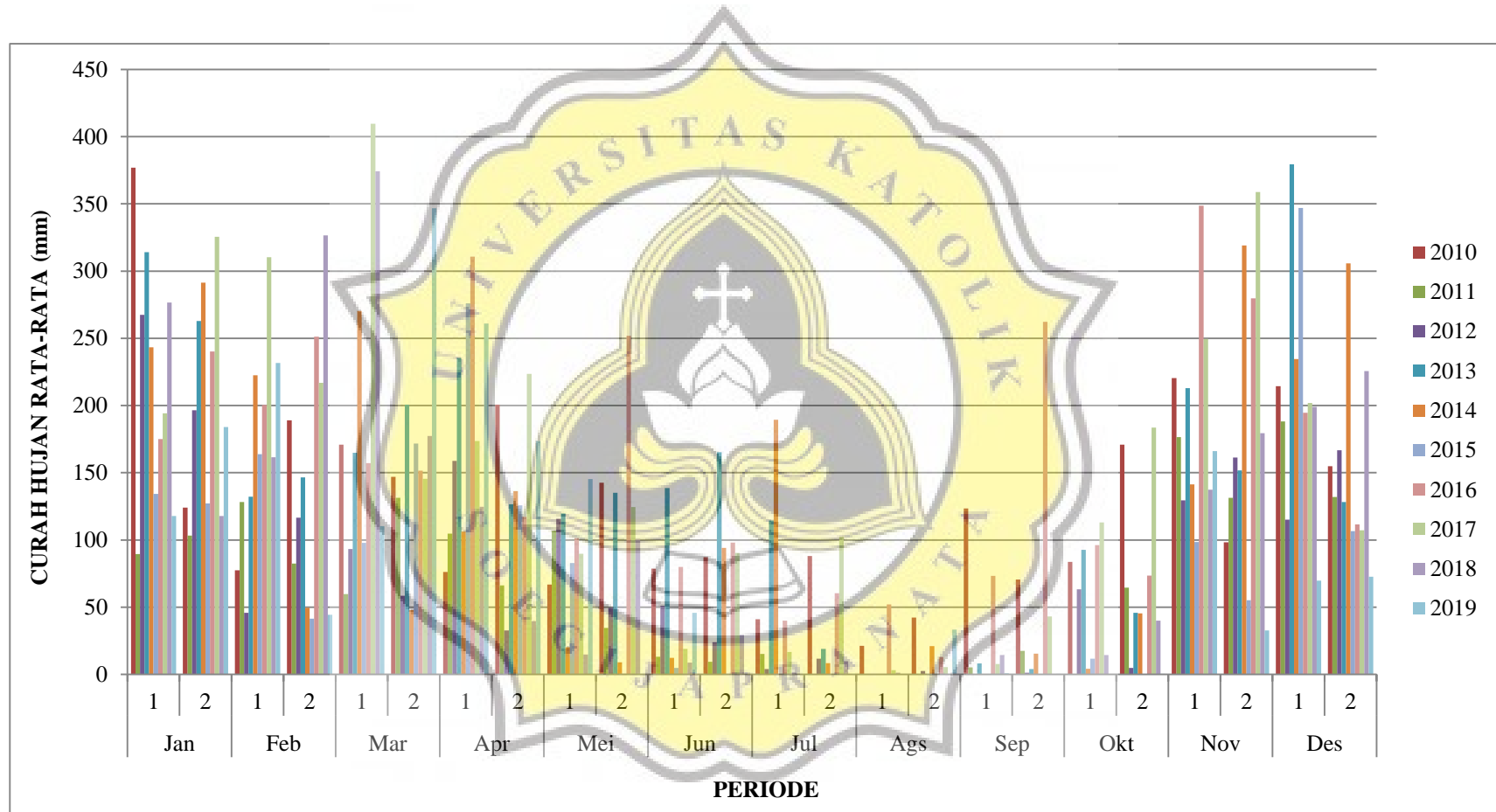
Tahun	Satuan	Januari		Februari		Maret		April	
		1	2	1	2	1	2	1	2
2010	mm	376,98	124,18	77,49	188,98	170,88	146,95	76,16	200,77
2011	mm	89,51	103,18	128,26	82,46	59,82	131,31	104,64	66,21
2012	mm	267,43	196,54	45,77	116,50	93,22	58,57	158,88	32,65
2013	mm	314,10	262,86	132,12	146,48	164,91	200,77	235,39	126,60
2014	mm	243,27	291,32	222,50	49,56	270,35	47,87	106,14	136,38
2015	mm	134,26	127,20	163,93	41,45	97,86	171,81	276,09	125,84
2016	mm	175,05	240,13	200,53	251,35	157,08	151,61	310,75	117,21
2017	mm	194,27	325,54	310,33	216,92	409,66	145,44	173,57	223,53
2018	mm	276,64	117,78	161,55	326,60	374,35	177,29	124,76	39,51
2019	mm	117,94	184,02	231,58	44,40	110,35	346,86	261,10	173,61

Tahun	Satuan	Mei		Juni		Juli		Agustus	
		1	2	1	2	1	2	1	2
2010	mm	66,79	142,63	78,67	87,34	40,97	88,00	21,19	42,29
2011	mm	106,77	34,64	13,08	9,48	15,19	0,00	0,00	0,00
2012	mm	115,77	49,63	51,04	24,06	4,01	11,60	0,00	2,53
2013	mm	119,62	135,17	138,69	165,29	114,47	18,94	0,00	0,00
2014	mm	20,18	9,03	12,39	94,18	189,45	8,29	0,00	21,02
2015	mm	82,78	0,42	4,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	mm	101,38	251,88	79,89	98,10	39,90	60,33	52,01	12,87
2017	mm	89,80	124,53	18,92	90,33	16,78	102,16	3,24	5,49
2018	mm	14,77	100,67	8,76	29,32	1,27	9,75	1,27	0,00
2019	mm	145,35	0,00	45,84	0,00	0,00	0,00	0,00	33,37

Tahun	Satuan	September		Oktober		November		Desember	
		1	2	1	2	1	2	1	2
2010	mm	123,49	70,62	83,64	170,83	220,53	98,30	214,49	154,80
2011	mm	5,27	17,55	0,00	64,47	176,56	131,28	188,12	131,91
2012	mm	0,00	1,26	63,36	4,89	129,41	161,34	115,20	166,75
2013	mm	8,05	3,95	92,72	45,79	212,89	151,86	379,55	128,32
2014	mm	0,00	15,39	4,29	45,37	141,45	319,10	234,59	305,85
2015	mm	0,00	0,00	11,60	0,00	98,52	55,14	346,97	106,50
2016	mm	73,37	262,30	96,19	73,49	348,66	279,73	194,55	111,64
2017	mm	7,68	43,16	112,94	183,61	249,51	358,79	201,93	107,32
2018	mm	14,44	0,00	14,34	40,01	137,40	179,52	198,93	225,54
2019	mm	0,87	0,39	0,00	0,39	166,18	32,80	69,66	72,70



Berikut dapat dilihat grafik curah hujan kawasan selama 2010-2019 pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Grafik Curah Hujan Kawasan 2010-2019



4.2.2 Analisis Klimatologi

Analisis klimatologi digunakan untuk perhitungan Evapotranspirasi dengan Metode Penman Monteith. Data yang digunakan adalah suhu udara (T), kelembaban relatif (RH), penyinaran matahari (Rn) dan kecepatan angin (U). Data klimatologi yang digunakan yaitu klimatologi DAS Randugunting yang terletak di Stasiun Tempuran dengan panjang data dari tahun 2011 hingga 2014. Berikut dapat dilihat pada Tabel 4.4 data klimatologi Stasiun Tempuran.

Tabel 4.4 Data Klimatologi 2011-2014 Stasiun Tempuran

KECEPATAN ANGIN (km/hari)												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2011	70,19	75,56	58,00	49,90	44,81	51,13	64,68	63,67	55,00	47,00	43,73	55,03
2012	78,50	51,20	71,00	52,50	50,80	49,10	49,80	63,50	68,40	87,80	46,30	49,80
2013	98,19	60,14	42,74	40,23	36,10	30,17	46,84	68,39	67,37	59,97	30,33	45,00
2014	23,81	30,45	13,52	11,57	45,90	52,00	54,13	63,61	71,03	63,68	27,70	10,52

KELEMBABAN RELATIF (%)												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2011	97,58	98,25	97,42	97,13	98,13	97,23	97,35	97,90	95,00	96,00	98,67	98,45
2012	99,00	98,50	98,90	98,40	98,40	98,80	98,80	99,00	99,20	99,20	98,30	98,30
2013	98,94	98,86	98,71	98,93	98,32	98,70	98,71	98,74	98,80	98,90	98,60	98,90
2014	98,68	98,82	98,61	98,60	98,74	98,73	98,55	94,61	91,27	95,87	95,07	93,29

PENYINARAN MATAHARI (%)												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2011	18,15	27,00	31,91	38,18	55,05	72,78	74,19	71,18	72,33	67,00	36,97	39,41
2012	29,60	36,70	34,10	46,70	62,30	66,00	67,50	68,60	71,70	61,80	43,80	31,50
2013	37,95	42,27	40,32	39,39	54,22	48,39	54,04	66,94	61,01	62,27	42,40	27,41
2014	19,16	23,50	46,79	50,05	58,30	57,54	57,25	65,26	65,44	59,72	42,96	27,14

TEMPERATUR UDARA(°C)												
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2011	26,12	25,60	25,78	25,75	25,82	25,83	25,85	25,83	26,00	27,00	25,87	25,82
2012	25,80	25,90	25,90	25,90	25,90	25,80	25,90	25,80	25,80	25,90	25,90	25,80
2013	25,75	25,87	25,86	25,82	25,78	25,88	25,82	25,89	25,88	25,83	25,81	25,85
2014	25,82	25,84	25,85	25,87	25,85	25,89	25,85	26,33	25,66	27,66	27,45	26,84

(Sumber: Balai PSDA Provinsi Jawa Tengah, 2020)

Berikut adalah contoh perhitungan evapotranspirasi dengan Metode Penman pada bulan Januari 2014.



a. Data klimatologi

- a.1. Kecepatan angin (U) = 23,81 km/hari
a.2. Kelembaban relatif (RH) = 98,68 %
a.3. Penyinaran matahari (Rn) = 19,16 %
a.4. Temperatur udara (T) = 25,82 °C

b. Perhitungan evapotranspirasi (ET₀)

Langkah 1 : perhitungan nilai tekanan uap air jenuh (es)

$$\begin{aligned} es &= 0,611 \exp\left(\frac{17,27 \times T}{T + 237,3}\right) \\ &= 0,611 \exp\left(\frac{17,27 \times 25,82}{25,82 + 237,3}\right) \\ &= 3,33 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Langkah 2 : perhitungan tekanan uap air nyata (ea)

$$\begin{aligned} ea &= es \times RH \\ &= 3,33 \times 98,68\% \\ &= 3,28 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Langkah 3 : perhitungan perbedaan tekanan uap air (es – ea)

$$\begin{aligned} es - ea &= 3,33 - 3,28 \\ &= 0,04 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Langkah 4 : perhitungan persamaan fungsi kecepatan angin (f(U))

$$\begin{aligned} U &= 23,81 \text{ km/hari} \\ f(U) &= 0,27 \times \left(1 + \frac{U}{100}\right) \\ &= 0,27 \times \left(1 + \frac{23,81}{100}\right) \\ &= 0,33 \text{ km/hari} \end{aligned}$$

Langkah 5 : menentukan faktor pembobotan (1 – W)

1. Perhitungan panas laten untuk penguapan (λ)

$$\begin{aligned} \lambda &= 2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \times T \\ &= 2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) \times 25,82^\circ\text{C} \\ &= 1,99 \text{ MJ/kg} \end{aligned}$$



2. Perhitungan tekanan atmosfer pada elevasi z (P)

Karena data tekanan udara pada stasiun klimatologi tidak tersedia, berdasarkan SNI-7745:2012 “Tata cara perhitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith”, digunakan asumsi suhu pada elevasi z_0 (T_{ko}) = 293 K, tekanan atmosfer pada permukaan laut (P_0) = 101,3 kPa dan elevasi acuan (z_0) = 0 m. Serta diketahui elevasi (z) stasiun klimatologi Tempuran pada 575 m dpl.

$$\begin{aligned} P &= P_0 \times \left(\frac{T_{ko} - \tau (z - z_0)}{T_{ko}} \right)^{\frac{g}{\tau \times R}} \\ &= 101,3 \times \left(\frac{293 - 0,0065 (575 - 0)}{293} \right)^{\frac{9,8}{0,0065 \times 287}} \\ &= 94,69 \text{ kPa} \end{aligned}$$

3. Perhitungan konstanta psikrometrik (γ)

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,00163 \times \frac{P}{\lambda} \\ &= 0,00163 \times \frac{94,69}{1,99} \\ &= 0,08 \text{ kPa/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4. Perhitungan kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara (Δ)

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{4.098 \times e_s}{(T + 237,3)^2} \\ &= \frac{4.098 \times 3,33}{(25,82 + 237,3)^2} \\ &= 0,20 \end{aligned}$$

5. Perhitungan faktor pembobotan (W)

$$\begin{aligned} W &= \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \\ &= \frac{0,20}{0,20 + 0,08} \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

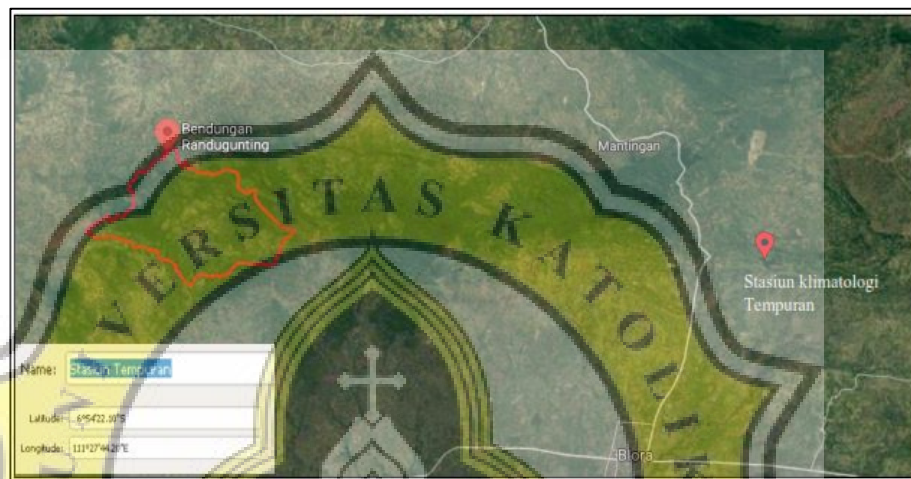


Sehingga nilai pembobot ($1 - W$)

$$\begin{aligned}(1 - W) &= 1 - 0,72 \\ &= 0,28.\end{aligned}$$

Langkah 6 : perhitungan radiasi ekstra terestrial (R_a)

Sesuai dengan kondisi geografis Kec. Japah, Kab. Blora pada Gambar 4.4 maka posisi lintang (latitude) = $6^{\circ}54'22,10''$.



Gambar 4.4 Lokasi Stasiun Klimatologi Tempuran

$$\begin{aligned}\text{Daerah pengamatan} &= 6 + \left(\frac{54}{60}\right) + \left(\frac{22,10}{3600}\right) \\ &= 6,91^{\circ}\text{LS}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, daerah pengamatan (stasiun klimatologi Tempuran) terletak pada $6,91^{\circ}\text{LS}$. Dikarenakan terletak pada Lintang Selatan (LS), maka sesuai Tabel 2.2, terletak diantara $LS_1 = 6$ dan $LS_2 = 8$ dengan $R_{a1} = 15,8$ dan $R_{a2} = 16,1$, maka nilai radiasi ekstra *terrestrial* (R_a) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}R_a &= 15,80 + \frac{6,91 - 6}{8 - 6} \times (16,10 - 15,80) \\ &= 15,94 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan radiasi gelombang pendek (R_s)

$$\begin{aligned}R_s &= (0,25 + 0,5 \times n/N) \times R_a \\ &= (0,25 + 0,5 \times 19,16\%) \times 15,94 \\ &= 5,51 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$



Langkah 8 : perhitungan radiasi netto gelombang pendek (R_{ns})

Nilai koefisien pantulan radiasi tajuk (α) digunakan 0,23 karena berdasarkan SNI-7745:2012 “Tata cara perhitungan evapotranspirasi tanaman acuan metode Penman-Monteith” nilai 0,23 untuk tanaman rumput, padi dan sejenisnya.

$$\begin{aligned} R_{ns} &= R_s \times (1 - \alpha) ; \alpha = 0,23 \\ &= 5,51 \times (1 - 0,23) \\ &= 4,14 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 9 : perhitungan efek radiasi gelombang panjang

1. Perhitungan fungsi temperatur udara ($f(T)$)

$$\begin{aligned} f(T) &= 1,99 \times 10^{-9} \times (T + 273)^4 \\ &= 1,99 \times 10^{-9} \times (25,82 + 273)^4 \\ &= 15,87 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

2. Perhitungan fungsi tekanan uap air nyata ($f(ea)$)

$$\begin{aligned} f(ea) &= 0,34 - 0,044 \times ea^{0,5} \\ &= 0,34 - 0,044 \times 3,28^{0,5} \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

3. Perhitungan fungsi penyinaran matahari ($f(n/N)$)

$$\begin{aligned} n/N &= 19,16 \% \\ f(n/N) &= 0,1 + 0,9 \times (n/N) \\ &= 0,1 + 0,9 \times 19,16\% \\ &= 0,27 \end{aligned}$$

Langkah 10 : perhitungan radiasi netto gelombang panjang (R_{nl})

$$\begin{aligned} R_{nl} &= f(T) \times f(ea) \times f(n/N) \\ &= 15,87 \times 0,26 \times 0,27 \\ &= 1,12 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 11 : perhitungan radiasi matahari netto (R_n)

$$\begin{aligned} R_n &= R_{ns} - R_{nl} \\ &= 4,24 - 1,12 \\ &= 3,12 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$



Langkah 12 : perhitungan faktor pembobotan (W)

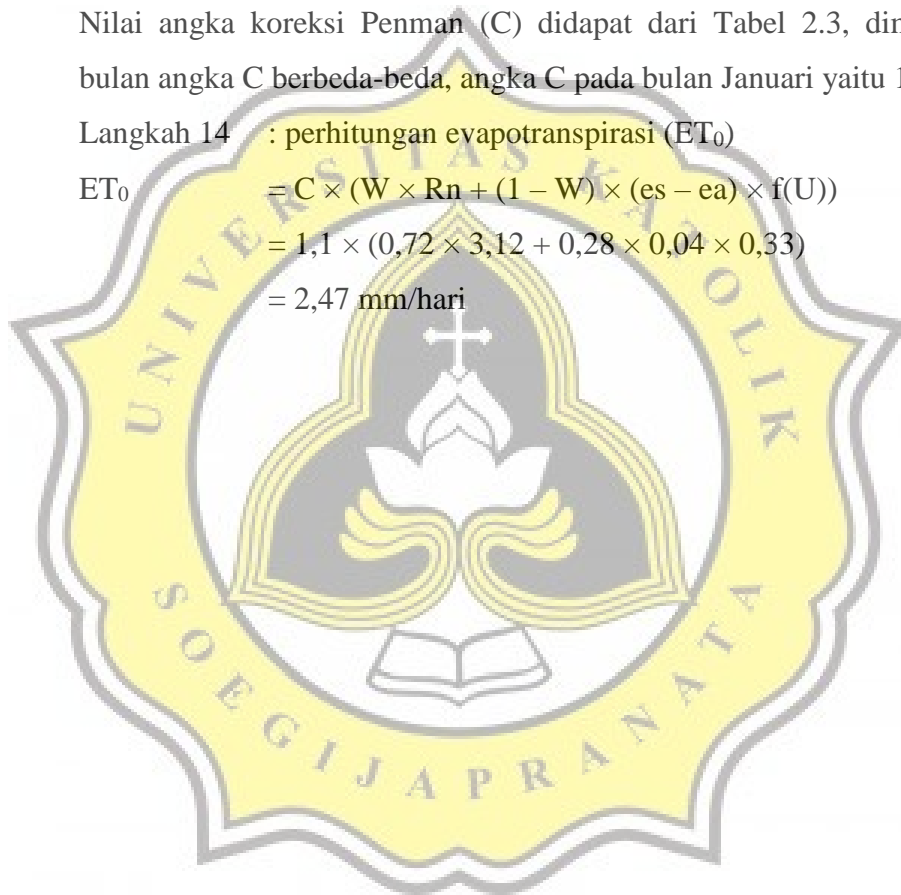
$$\begin{aligned}W &= \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \\ &= \frac{0,20}{0,20 + 0,08} \\ &= 0,72\end{aligned}$$

Langkah 13 : menentukan nilai faktor koreksi (C)

Nilai angka koreksi Penman (C) didapat dari Tabel 2.3, dimana tiap bulan angka C berbeda-beda, angka C pada bulan Januari yaitu 1,1

Langkah 14 : perhitungan evapotranspirasi (ET_0)

$$\begin{aligned}ET_0 &= C \times (W \times R_n + (1 - W) \times (e_s - e_a) \times f(U)) \\ &= 1,1 \times (0,72 \times 3,12 + 0,28 \times 0,04 \times 0,33) \\ &= 2,47 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$





c. Hasil perhitungan evapotranspirasi (ET_0)

Hasil perhitungan evapotranspirasi bulan Januari 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Tahun 2014

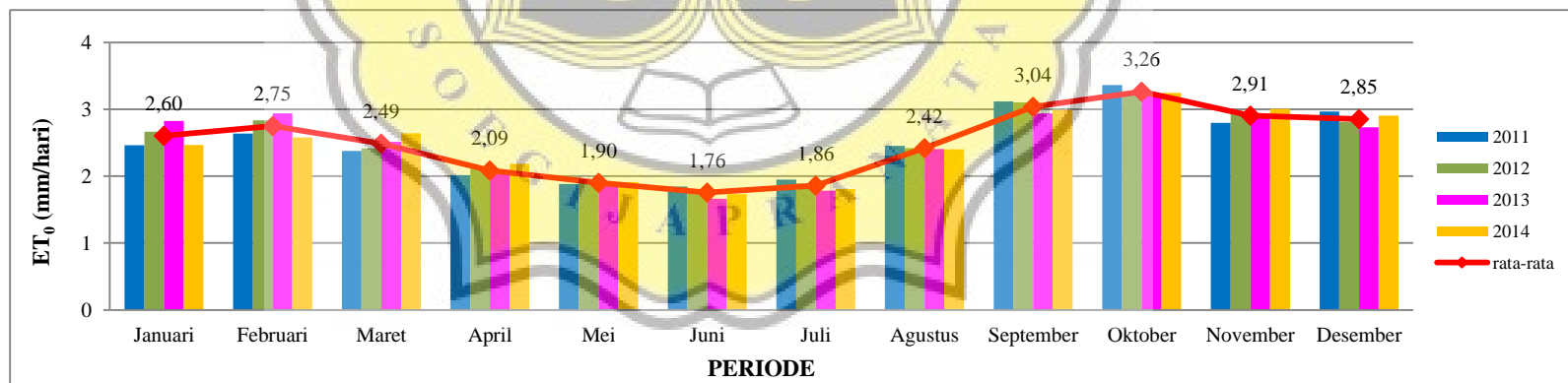
Parameter	Satuan	Tahun 2014 / Bulan:											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sept	Okt	Nov	Des
Temperatur udara (T)	°C	25,82	25,84	25,85	25,87	25,85	25,89	25,85	26,33	25,66	27,66	27,45	26,84
Kecepatan angin (U)	km/hari	23,81	30,45	13,52	11,57	45,90	52,00	54,13	63,61	71,03	63,68	27,70	10,52
Kelembaban relatif (RH)	%	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,91	0,96	0,95	0,93
Penyinaran matahari (Rn)	%	0,19	0,24	0,47	0,50	0,58	0,58	0,57	0,65	0,65	0,60	0,43	0,27
Tekanan uap jenuh (es)	KPa	3,33	3,33	3,33	3,34	3,33	3,34	3,33	3,43	3,29	3,71	3,66	3,53
Tekanan uap nyata (ea)	KPa	3,28	3,29	3,29	3,29	3,29	3,30	3,28	3,24	3,01	3,55	3,48	3,30
Perbedaan tekanan uap (es-ea)	KPa	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,18	0,29	0,15	0,18	0,24
Fungsi angin (f(U))	km/hari	0,33	0,89	2,00	2,33	0,59	0,52	0,50	0,42	0,38	0,42	0,97	2,57
Faktor pembobotan (1-W)		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,26	0,27	0,23
Radiasi ekstra terestrial (Ra)	mm/hari	15,94	16,05	15,55	14,56	13,26	12,62	12,92	13,86	14,95	15,75	15,89	15,84
Radiasi sinar matahari (Rs)	mm/hari	5,51	5,90	7,53	7,29	7,18	6,78	6,93	7,99	8,63	8,64	7,39	6,11
Radiasi netto gelombang pendek (Rns)	mm/hari	4,24	4,54	5,80	5,61	5,53	5,22	5,33	6,15	6,65	6,65	5,69	4,70
Efek radiasi gelombang panjang:													
a. Fungsi suhu (f(T))		15,87	15,87	15,87	15,88	15,87	15,88	15,87	15,98	15,83	16,26	16,22	16,09
b. Fungsi tekanan uap nyata f(ea)		0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
c. Fungsi penyinaran f(n/N)		0,27	0,31	0,52	0,55	0,62	0,62	0,62	0,69	0,69	0,64	0,49	0,34
Radiasi gelombang panjang netto (Rnl)	mm/hari	1,12	1,29	2,15	2,27	2,58	2,55	2,54	2,86	2,88	2,66	2,04	1,44
Radiasi netto (Rn)	mm/hari	3,12	3,25	3,64	3,34	2,95	2,67	2,79	3,29	3,77	3,99	3,65	3,26
Faktor pengali (W)		0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,74	0,73	0,77
Faktor koreksi (C)		1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10
Evapotranspirasi (ET_0)	mm/hari	2,47	2,58	2,64	2,18	1,91	1,73	1,81	2,40	2,99	3,25	3,00	2,90



Hasil perhitungan evapotranspirasi dari tahun 2011 hingga 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Rata-Rata Evapotranspirasi (2011 – 2014)

Bulan	Satuan	ETo 2011	ETo 2012	ETo 2013	ETo 2014	Eto Rata-rata
Januari	mm/hari	2,46	2,66	2,82	2,47	2,60
Februari	mm/hari	2,64	2,83	2,94	2,58	2,75
Maret	mm/hari	2,38	2,42	2,52	2,64	2,49
April	mm/hari	2,01	2,12	2,03	2,18	2,09
Mei	mm/hari	1,88	1,95	1,87	1,91	1,90
Juni	mm/hari	1,84	1,79	1,66	1,73	1,76
Juli	mm/hari	1,95	1,89	1,78	1,81	1,86
Agustus	mm/hari	2,45	2,42	2,40	2,40	2,42
September	mm/hari	3,12	3,11	2,94	2,99	3,04
Oktober	mm/hari	3,36	3,22	3,22	3,25	3,26
November	mm/hari	2,80	2,93	2,90	3,00	2,91
Desember	mm/hari	2,97	2,81	2,73	2,90	2,85



Gambar 4.5 Grafik Evapotranspirasi Tahun 2011-2014



4.2.3 Analisis Debit Ketersediaan Air Metode FJ. Mock

Metode FJ. Mock merupakan metode untuk perhitungan debit aliran rendah. Metode ini memiliki dua pendekatan perhitungan, yaitu neraca air di atas permukaan tanah dan neraca air dibawah tanah yang keduanya berdasarkan hujan, iklim dan kondisi tanah.

Berikut contoh perhitungan debit tersedia pada DAS Randugunting bulan Januari periode 1 tahun 2010.

a. Pada perhitungan ini digunakan data sebagai berikut

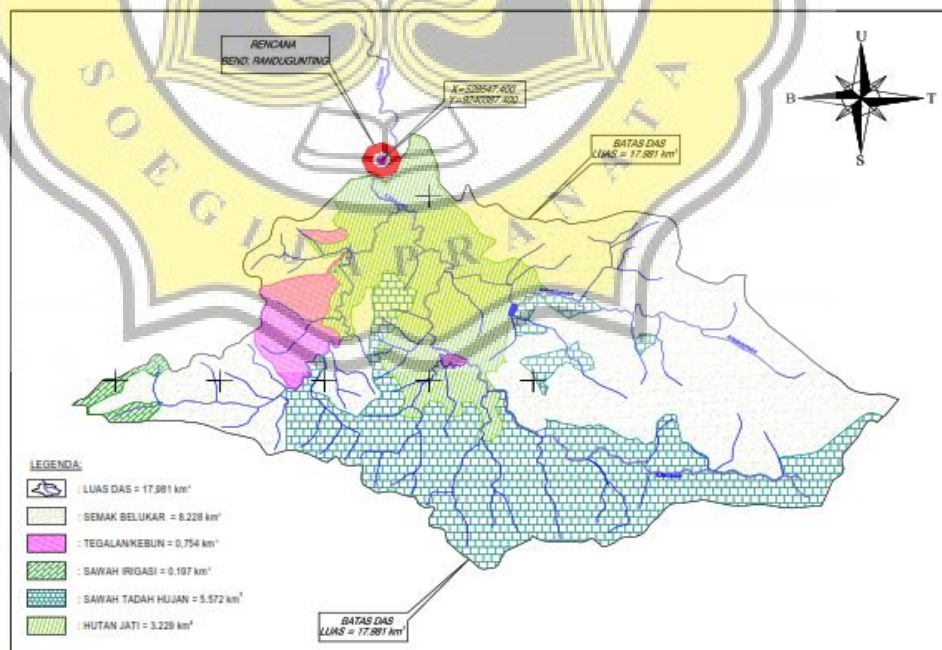
1. Curah hujan (P) bulan Januari periode 1 = 376,98 mm/15 hari
2. Jumlah hari hujan (h) bulan Januari periode 1 = 15 hari

b. Perhitungan debit tersedia

Langkah 1 : perhitungan evapotranspirasi (ET_0)

Nilai evapotranspirasi didapat dari hasil perhitungan sebelumnya, maka $ET_0 = 2,60$ mm/hari

Langkah 2 : menentukan nilai persentase lahan yang tidak tertutup vegetasi (m)



Gambar 4.6 Kondisi Tata Guna Lahan DAS Randugunting (Sumber: BBWS Pemali Juana, 2015)



Berdasarkan peta tata guna lahan Kabupaten Blora tahun 2013, tata guna lahan di DAS Randugunting terdiri dari semak belukar 46%, tegalan/kebun 4%, sawah irigasi 1%, sawah tadah hujan 31% dan hutan jati (lahan perhutani) 18%.

Nilai m pada bulan Januari didapat dari hasil analisis Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Analisis Nilai Persentase Lahan Tidak Tertutup Vegetasi (m)

Klasifikasi Daerah	Kondisi Vegetasi DAS Randugunting	Prosentase Luas Lahan (%)	m (%)			m_x (%)		
			Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar
Hutan sekunder	Hutan jati	18%	20%	10%	0%	3,6%	1,8%	0,0%
Daerah tererosi	Tegalan dan semak belukar	50%	20%	15%	15%	10,0%	7,5%	7,5%
Daerah lahan pertanian	Persawahan	32%	40%	35%	50%	12,8%	11,2%	16,0%
Nilai total m_x						26,4%	20,5%	23,5%

$$\begin{aligned}
 m_x \text{ Januari} &= (A_1 \times m_1) + (A_2 \times m_2) + (A_3 \times m_3) \\
 &= (18\% \times 20\%) + (50\% \times 20\%) + (32\% \times 40\%) \\
 &= 3,6\% + 10\% + 12,8\% \\
 &= 26,4\%
 \end{aligned}$$

Nilai m pada bulan Januari digunakan 26,4% yang didapat dari total nilai m_x bulan Januari dari tiga kondisi vegetasi penutup lahan di DAS Randugunting.

Langkah 3 : perhitungan perbedaan evapotranspirasi tanaman acuan dan terbatas (E)

$$\begin{aligned}
 E &= \left(\frac{m}{20} \right) \times (18 - h) \times ET_0 \\
 &= \left(\frac{0,264}{20} \right) \times (18 - 15) \times 2,6 \\
 &= 0,10 \text{ mm/15 hari}
 \end{aligned}$$

Langkah 4 : perhitungan evapotranspirasi terbatas/aktual (E_t)

$$\begin{aligned}
 E_t &= ET_0 - E \\
 &= 2,60 - 0,10 \\
 &= 2,50 \text{ mm/15 hari}
 \end{aligned}$$



Langkah 5 : perhitungan hujan netto (ΔS)

$$\begin{aligned}\Delta S &= P - E_t \\ &= 376,98 - 2,50 \\ &= 374,48 \text{ mm/15 hari}\end{aligned}$$

Langkah 6 : perhitungan aliran permukaan saat kondisi hujan lebat

Faktor aliran hujan lebat (PF) = 45%

$$\begin{aligned}\text{Hujan lebat} &= PF \times P \\ &= 45\% \times 376,98 \\ &= 169,64 \text{ mm/15 hari}\end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan kandungan air tanah (SS)

$$\begin{aligned}SS &= \Delta S - \text{aliran permukaan hujan lebat} \\ &= 374,48 - 169,64 \\ &= 204,84 \text{ mm/15 hari}\end{aligned}$$

Langkah 8 : menentukan kapasitas kelembaban tanah/*Soil Moisture Capacity* (SMC)

Nilai SMC diambil dari Tabel 2.5 yaitu 200 mm, karena tanaman disekitar DAS adalah pohon jati yang merupakan tipe tanaman dengan akar dalam dan berdasarkan data tanah dengan tipe lempung. Sehingga nilai *Soil Moisture* (SM) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}SM &= SMC + SS \\ &= 200 + 204,84 \\ &= 404,84 \text{ mm/15 hari}\end{aligned}$$

Jika nilai *Soil Moisture* (SM) melebihi *Soil Moisture Capacity* (SMC) maka nilai SM sama dengan nilai SMC yaitu 200 mm.

Langkah 9 : perhitungan kelebihan air (WS)

$$\begin{aligned}WS &= \Delta S - SS \\ &= 374,48 - 204,84 \\ &= 169,64 \text{ mm/15 hari}\end{aligned}$$

Langkah 10 : perhitungan laju infiltrasi (I)

Menurut Somat Bukori (2017) dalam tesisnya menyarankan nilai koefisien infiltrasi = 0,4 dan koefisien resesi = 0,6.



$$\begin{aligned} I &= WS \times i \\ &= 169,64 \times 0,4 \\ &= 67,86 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 11 : perhitungan volume penyimpanan air tanah (V_n)

Nilai V_{n-1} pada perhitungan V_n bulan Januari tahun 2010 diasumsikan volume penyimpanan air tanah yaitu 58 mm/15 hari.

$$\begin{aligned} V_n &= k \times V_{n-1} + 0,5 (1 + k) \times I \\ &= 0,1 \times 58 + 0,5 (1 + 0,6) \times 16,86 \\ &= 89,09 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 12 : perhitungan perubahan volume air tanah (ΔV_n)

$$\begin{aligned} \Delta V_n &= V_n - V_{n-1} \\ &= 89,09 - 58 \\ &= 31,09 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 13 : perhitungan aliran dasar/*base flow* (BF)

$$\begin{aligned} BF &= I - \Delta V_n \\ &= 67,86 - 31,09 \\ &= 36,77 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 14 : perhitungan aliran permukaan/*Direct Run Off* (DRo)

$$\begin{aligned} DRo &= WS - I \\ &= 169,96 - 67,86 \\ &= 101,79 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 15 : perhitungan aliran sungai/*Run Off* (Ro)

$$\begin{aligned} Ro &= BF + DRo \\ &= 36,77 + 101,79 \\ &= 138,56 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Langkah 16 : perhitungan debit aliran sungai

$$\begin{aligned} \text{Debit aliran sungai} &= \text{Luas DAS} \times Ro \\ &= 17.981.000 \text{ m}^2 \times \left(\frac{138,56 \times 0,001 \text{ m}}{86.400 \text{ detik}} \right) \\ &= 28,84 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$



c. Hasil perhitungan debit tersedia

Hasil perhitungan debit pada per bulan pada tahun 2010 yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Debit Ketersediaan Air Bulanan Tahun 2010

No	Uraian	Satuan	2010											
			Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
I Data hujan														
1	Curah hujan (P)	mm/15 hari	376,98	124,18	77,49	188,98	170,88	146,95	76,16	200,77	66,79	142,63	78,67	87,34
2	Jumlah hari hujan (h)	hari	15	13	9	9	12	9	6	9	8	14	9	7
II Evapotranspirasi terbatas														
3	Evapotranspirasi potensial (ET _o)	mm/hari	2,60	2,60	2,75	2,75	2,49	2,49	2,09	2,09	1,90	1,90	1,76	1,76
4	Permukaan lahan terbuka (m)	%	26,40	26,40	20,50	20,50	23,50	23,50	21,00	21,00	19,40	19,40	32,10	32,10
5	$(m/20) \times (18-h)$		0,04	0,07	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,09	0,10	0,04	0,14	0,18
6	$E = (ET_o) \times (m/20) \times (18-h)$	mm/15 hari	0,10	0,17	0,25	0,25	0,18	0,26	0,26	0,20	0,18	0,07	0,25	0,31
7	$E_t = ET_o - E$	mm/15 hari	2,50	2,43	2,49	2,49	2,31	2,22	1,82	1,89	1,72	1,83	1,50	1,45
III Keseimbangan air														
8	Perubahan kandungan air tanah (Δs)	mm/15 hari	374,48	121,75	75,00	186,49	168,57	144,73	74,34	198,88	65,07	140,80	77,17	85,89
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	mm/15 hari	169,64	55,88	34,87	85,04	76,90	66,13	34,27	90,35	30,06	64,18	35,40	39,30
10	Kandungan air tanah (SS)	mm/15 hari	204,84	65,87	40,13	101,45	91,67	78,60	40,06	108,54	35,02	76,62	41,76	46,59
11	Kapasitas kelembaban air tanah (SMC)	mm/15 hari	404,84	265,87	240,13	301,45	291,67	278,60	240,06	308,54	235,02	276,62	241,76	246,59
12	Kelebihan air (W_s)	mm/15 hari	169,64	55,88	34,87	85,04	76,90	66,13	34,27	90,35	30,06	64,18	35,40	39,30
IV Aliran dan simpanan air tanah														
13	Koefisien infiltrasi (i)		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
14	Infiltrasi (I)	mm/15 hari	67,86	22,35	13,95	34,02	30,76	26,45	13,71	36,14	12,02	25,67	14,16	15,72
15	$0,5(1+k)(I)$		54,29	17,88	11,16	27,21	24,61	21,16	10,97	28,91	9,62	20,54	11,33	12,58
16	$V(n-1)$		58,00	89,09	71,33	53,96	59,59	60,36	57,38	45,39	56,15	43,31	46,52	39,24
17	$k \times V(n-1)$		34,80	53,45	42,80	32,38	35,75	36,22	34,43	27,24	33,69	25,98	27,91	23,54
18	Volume penyimpanan (V_n)	mm/15 hari	89,09	71,33	53,96	59,59	60,36	57,38	45,39	56,15	43,31	46,52	39,24	36,12
19	Perubahan volume (ΔV_n)	mm/15 hari	31,09	-17,75	-17,37	5,63	0,77	-2,98	-11,98	10,75	-12,84	3,22	-7,28	-3,12
20	Aliran dasar (BF)	mm/15 hari	36,77	40,10	31,32	28,39	29,99	29,43	25,69	25,39	24,86	22,46	21,44	18,84
21	Aliran Langsung DRO)	mm/15 hari	101,79	33,53	20,92	51,03	46,14	39,68	20,56	54,21	18,03	38,51	21,24	23,58
22	Aliran (Run off)	mm/15 hari	138,56	73,63	52,25	79,41	76,13	69,11	46,26	79,59	42,90	60,97	42,68	42,42
V Debit aliran sungai														
23	Debit aliran sungai	m ³ /dt	28,84	15,32	10,87	16,53	15,84	14,38	9,63	16,56	8,93	12,69	8,88	8,83



Tugas Akhir
Studi Pola Operasi Waduk
(Studi Kasus Waduk Randugunting, Kabupaten Blora)

Tabel 4.8 Perhitungan Debit Ketersediaan Air Bulanan Tahun 2010 (lanjutan)

No	Uraian	Satuan	2010											
			Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
I	Data hujan													
1	Curah hujan (P)	mm/15 hari	40,97	88,00	21,19	42,29	123,49	70,62	83,64	170,83	220,53	98,30	214,49	154,80
2	Jumlah hari hujan (h)	hari	5	7	4	7	3	5	4	5	6	11	12	10
II	Evapotranspirasi terbatas													
3	Evapotranspirasi potensial (ET _o)	mm/hari	1,86	1,86	2,42	2,42	3,04	3,04	3,26	3,26	2,91	2,91	2,85	2,85
4	Permukaan lahan terbuka (m)	%	32,30	32,30	36,40	36,40	38,20	38,20	37,50	37,50	35,70	35,70	29,80	29,80
5	(m/20) x (18 - h)		0,21	0,18	0,25	0,20	0,29	0,25	0,26	0,24	0,21	0,12	0,09	0,12
6	E = (ET _o) x (m/20) x (18 - h)	mm/15 hari	0,39	0,33	0,62	0,48	0,87	0,75	0,86	0,80	0,62	0,36	0,26	0,34
7	E _t = ET _o - E	mm/15 hari	1,47	1,53	1,80	1,93	2,17	2,28	2,41	2,47	2,28	2,54	2,60	2,51
III	Keseimbangan air													
8	Perubahan kandungan air tanah (Δs)	mm/15 hari	39,50	86,47	19,38	40,35	121,32	68,34	81,23	168,36	218,25	95,76	211,90	152,29
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	mm/15 hari	18,43	39,60	9,53	19,03	55,57	31,78	37,64	76,87	99,24	44,23	96,52	69,66
10	Kandungan air tanah (SS)	mm/15 hari	21,06	46,87	9,85	21,32	65,75	36,56	43,60	91,49	119,01	51,52	115,37	82,63
11	Kapasitas kelembaban air tanah (SMC)	mm/15 hari	221,06	246,87	209,85	221,32	265,75	236,56	243,60	291,49	319,01	251,52	315,37	282,63
12	Kelebihan air (Ws)	mm/15 hari	18,43	39,60	9,53	19,03	55,57	31,78	37,64	76,87	99,24	44,23	96,52	69,66
IV	Aliran dan simpanan air tanah													
13	Koefisien infiltrasi (i)		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
14	Infiltrasi (I)	mm/15 hari	7,37	15,84	3,81	7,61	22,23	12,71	15,06	30,75	39,70	17,69	38,61	27,86
15	0,5 (1 + k) (I)		5,90	12,67	3,05	6,09	17,78	10,17	12,04	24,60	31,76	14,16	30,89	22,29
16	V(n-1)		36,12	27,57	29,21	20,58	18,44	28,84	27,48	28,53	41,72	56,79	48,23	59,82
17	k x V(n-1)		21,67	16,54	17,53	12,35	11,06	17,31	16,49	17,12	25,03	34,07	28,94	35,89
18	Volume penyimpanan (V _n)	mm/15 hari	27,57	29,21	20,58	18,44	28,84	27,48	28,53	41,72	56,79	48,23	59,82	58,19
19	Perubahan volume (ΔV _n)	mm/15 hari	-8,55	1,64	-8,64	-2,14	-10,41	-1,37	1,05	13,19	15,07	-8,56	11,60	-1,64
20	Aliran dasar (BF)	mm/15 hari	15,92	14,20	12,45	9,75	11,82	14,08	14,00	17,56	24,63	26,25	27,01	29,50
21	Aliran Langsung DRO)	mm/15 hari	11,06	23,76	5,72	11,42	33,34	19,07	22,58	46,12	59,54	26,54	57,91	41,80
22	Aliran (Run off)	mm/15 hari	26,98	37,96	18,17	21,17	45,16	33,15	36,58	63,69	84,17	52,79	84,93	71,30
V	Debit aliran sungai													
23	Debit aliran sungai	m ³ /dt	5,62	7,90	3,78	4,41	9,40	6,90	7,61	13,25	17,52	10,99	17,67	14,84



Berdasarkan data hujan tahun 2010 - 2019 dan data klimatologi 2011 – 2015, didapat hasil perhitungan debit tersedia pada DAS Randugunting yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

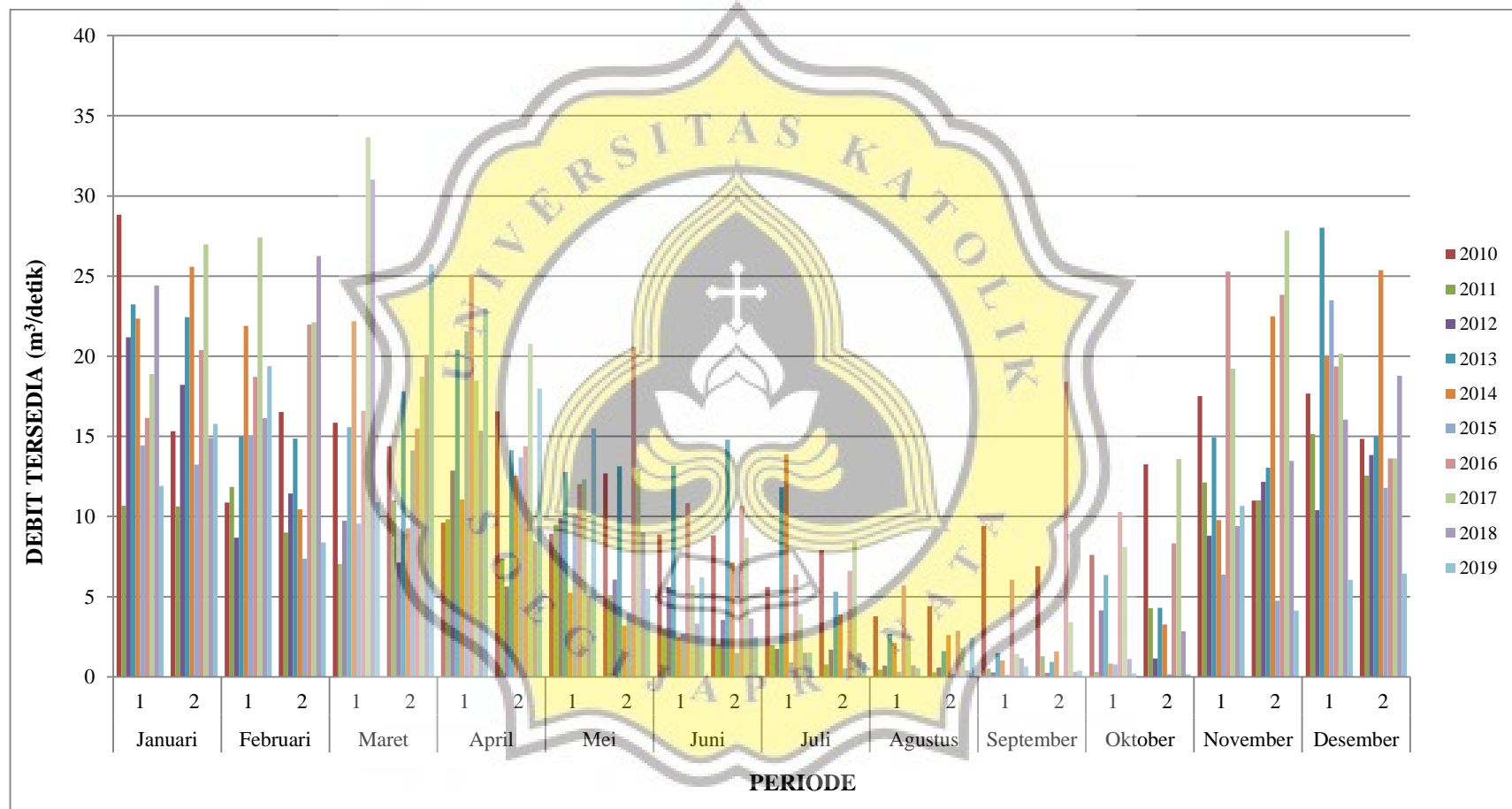
Tabel 4.9 Rekap Debit Ketersediaan Air Tahun 2010-2019

Tahun	Satuan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	m3/dt	28,84	15,32	10,87	16,53	15,84	14,38	9,63	16,56	8,93	12,69	8,88	8,83
2011	m3/dt	10,68	10,63	11,84	8,99	7,04	11,02	9,83	7,37	9,49	5,10	2,98	2,05
2012	m3/dt	21,18	18,21	8,69	11,43	9,74	7,13	12,86	5,63	9,89	6,06	5,59	3,55
2013	m3/dt	23,22	22,44	14,98	14,85	15,57	17,81	20,41	14,14	12,78	13,14	13,17	14,79
2014	m3/dt	22,35	25,58	21,88	10,45	22,19	9,27	11,07	12,54	5,23	3,19	2,46	7,15
2015	m3/dt	14,43	13,24	15,05	7,37	9,57	14,12	21,55	13,70	10,19	3,97	2,68	1,48
2016	m3/dt	16,15	20,39	18,71	21,97	16,60	15,49	25,11	14,38	12,01	20,59	10,84	10,65
2017	m3/dt	18,88	26,97	27,41	22,12	33,67	18,72	18,47	20,77	12,32	12,97	5,72	8,69
2018	m3/dt	24,42	14,90	16,14	26,24	31,02	20,09	15,35	8,45	4,98	9,01	3,32	3,63
2019	m3/dt	11,92	15,78	19,39	8,39	10,90	25,73	22,97	17,99	15,50	5,49	6,21	2,53

Tahun	Satuan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	m3/dt	5,62	7,90	3,78	4,41	9,40	6,90	7,61	13,25	17,52	10,99	17,67	14,84
2011	m3/dt	1,95	0,77	0,46	0,28	0,50	1,28	0,31	4,29	12,13	11,01	15,14	12,55
2012	m3/dt	1,75	1,68	0,71	0,59	0,28	0,25	4,15	1,14	8,80	12,16	10,40	13,84
2013	m3/dt	11,83	5,30	2,69	1,61	1,48	0,93	6,36	4,30	14,94	13,05	28,02	15,03
2014	m3/dt	13,89	3,89	2,12	2,61	1,01	1,59	0,82	3,27	9,78	22,48	20,06	25,36
2015	m3/dt	0,89	0,53	0,32	0,19	0,12	0,07	0,78	0,16	6,37	4,75	23,50	11,78
2016	m3/dt	6,36	6,61	5,70	2,87	6,06	18,42	10,30	8,34	25,28	23,84	19,36	13,62
2017	m3/dt	3,91	8,41	2,58	1,81	1,43	3,41	8,10	13,59	19,23	27,84	20,16	13,63
2018	m3/dt	1,49	1,48	0,71	0,40	1,16	0,32	1,10	2,83	9,40	13,47	16,04	18,77
2019	m3/dt	1,52	0,91	0,55	2,45	0,65	0,39	0,23	0,16	10,67	4,13	6,06	6,44



Berikut adalah grafik debit tersedia dari tahun 2010 – 2019 yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Debit Ketersediaan Air Tahun 2010 - 2019



4.2.4 Analisis Bangkitan Data Debit *Inflow*

Berdasarkan hasil perhitungan debit tersedia dari tahun 2010 hingga 2019 diperoleh data debit inflow untuk pola operasi Waduk Randugunting selama jangka waktu tahun tersebut. Pembangkitan data pada analisis ini menggunakan metode Thomas-Fiering untuk memproyeksikan debit aliran sungai untuk 20 tahun kedepan. Metode ini digunakan untuk memecahkan masalah kurang panjangnya data hidrologi. Adapun langkah perhitungan metode bangkitan debit Thomas-Fiering periode 15 harian untuk membangkitkan data debit inflow sebagai berikut.

a. Parameter statistik

1. Nilai rata-rata (\bar{Q})
2. Simpangan baku (Sd)
3. Koefisien korelasi (r_j)
4. Koefisien regresi (b_j)
5. Bilangan *random* (t_i)

Dilakukan analisis sesuai parameter diatas, dengan contoh perhitungan pada bulan Januari periode 1, langkah analisis sebagai berikut.

Langkah 1 : perhitungan nilai rata-rata debit *inflow* (\bar{Q})

$$\begin{aligned}\bar{Q} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{i,j} \\ &= \frac{192,08}{10} \\ &= 19,21\end{aligned}$$

Langkah 2 : perhitungan nilai simpangan baku (Sd)

$$\begin{aligned}Sd &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_1 - \bar{Q})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{310,80}{10-1}} \\ &= 5,85\end{aligned}$$



Langkah 3 : perhitungan nilai koefisien korelasi (rj)

Tabel 4.10 Perhitungan Keofisien Korelasi (rj)

Tahun	Des 2	Jan-01	$\bar{Q}_{j-1} - Q_{i,j-1}$	$\bar{Q}_j - Q_{i,j}$	$\bar{Q}_{j-1} - Q_{i,j-1} \times \bar{Q}_j - Q_{i,j}$	$(\bar{Q}_{j-1} - Q_{i,j-1})^2$	$(\bar{Q}_j - Q_{i,j})^2$
Qi	Qj-1 (mm3/dt)	Qj (mm3/dt)					
2010	14,84	28,99	0,25	9,76	2,45	0,06	95,34
2011	12,55	10,68	-2,03	-8,54	17,38	4,14	72,98
2012	13,84	21,18	-0,75	1,96	-1,47	0,56	3,84
2013	15,03	23,22	0,44	4,00	1,77	0,20	16,00
2014	25,36	22,35	10,77	3,13	33,70	116,10	9,78
2015	11,78	14,43	-2,80	-4,79	13,42	7,86	22,93
2016	13,62	16,15	-0,97	-3,07	2,97	0,93	9,44
2017	13,63	18,88	-0,95	-0,34	0,32	0,91	0,11
2018	18,77	24,42	4,19	5,19	21,74	17,52	26,97
2019	6,44	11,92	-8,15	-7,30	59,53	66,44	53,34
Rata - rata	14,59	19,22	Jumlah		151,81	214,71	310,74

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{Q}_{j-1} - Q_{i,j-1} \times \bar{Q}_j - Q_{i,j}}{\sqrt{\sum (\bar{Q}_{j-1} - Q_{i,j-1})^2 \times \sum (\bar{Q}_j - Q_{i,j})^2}}$$

$$= \frac{151,81}{\sqrt{310,74 \times 214,71}}$$

$$= 0,59$$

Langkah 4 : perhitungan nilai koefisien regresi (bj)

Tabel 4.11 Perhitungan Koefisien Regresi (bj)

Tahun	Jan-01	Des 1	Qj × Qj-1	Qj-1 ²	Qj ²
Qi	Qj-1 (mm3/dt)	Qj (mm3/dt)			
2010	28,99	14,84	430,21	840,42	220,23
2011	10,68	12,55	134,03	114,06	157,50
2012	21,18	13,84	293,13	448,59	191,55
2013	23,22	15,03	349,00	539,17	225,90
2014	22,35	25,36	566,80	499,52	643,13
2015	14,43	11,78	169,99	208,22	138,77
2016	16,15	13,62	219,96	260,82	185,50
2017	18,88	13,63	257,33	356,45	185,78
2018	24,42	18,77	458,36	596,34	352,31
2019	11,92	6,44	76,76	142,09	41,47
Jumlah	192,22	145,86	2955,58	4005,69	2342,14

$$b_j = \frac{n \sum (Q_j \times Q_{j-1}) - \sum Q_j \times \sum Q_{j-1}}{n \sum Q_j^2 - (\sum Q_j)^2}$$

$$= \frac{(10 \times 2955,58) - (145,86 \times 192,22)}{(10 \times 2342,14) - 145,86^2}$$

$$= 0,71$$



Sehingga diperoleh nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien korelasi dan koefisien regresi yang dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Parameter Statistik

Uraian	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Jumlah	192,08	183,46	164,96	148,35	172,14	153,76	167,24	131,54	101,32	92,20	61,86	63,35
Rerata (\bar{Q})	19,21	18,35	16,50	14,84	17,21	15,38	16,72	13,15	10,13	9,22	6,19	6,33
Simp. Baku (Sd)	5,85	5,38	5,58	6,66	9,12	5,51	5,73	4,81	3,28	5,53	3,69	4,40
Koef. Korelasi (r_j)	0,59	0,32	0,69	0,31	0,79	0,30	0,60	0,46	0,54	0,30	0,78	0,83
Koef. Regresi (b_j)	0,71	0,30	0,72	0,37	1,08	0,18	0,63	0,39	0,37	0,51	0,52	0,99

Uraian	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Jumlah	49,20	37,50	19,61	17,21	22,09	33,55	39,76	51,34	134,11	143,72	176,41	145,87
Rerata (\bar{Q})	4,92	3,75	1,96	1,72	2,21	3,35	3,98	5,13	13,41	14,37	17,64	14,59
Simp. Baku (Sd)	4,60	3,10	1,77	1,39	3,05	5,69	3,83	4,98	5,80	7,92	6,26	4,88
Koef. Korelasi (r_j)	0,74	0,47	0,84	0,72	0,81	0,71	0,74	0,77	0,78	0,63	0,32	0,39
Koef. Regresi (b_j)	0,77	0,32	0,48	0,57	1,78	1,33	0,50	1,00	0,91	0,86	0,26	0,31



b. Menentukan nilai bilangan random (ti) tiap periode dan tiap tahun

Hasil perhitungan bilangan random untuk tiap tahun dan bulan dapat dilihat pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.13 Bilangan Random (ti) Tahun ke 1-20

Tahun ke	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0,1602	0,5104	0,5031	0,6679	0,4258	0,8517	0,6055	0,3584	0,2303	0,2021	0,0847	0,8626
2	0,7037	0,8082	0,2889	0,8777	0,2778	0,3005	0,8968	0,6138	0,9465	0,9931	0,7328	0,3358
3	0,6026	0,0618	0,2677	0,9533	0,3241	0,4164	0,5616	0,2503	0,1412	0,1085	0,2530	0,2814
4	0,4679	0,0273	0,4014	0,3171	0,3716	0,5566	0,1961	0,4744	0,2063	0,3375	0,3832	0,1697
5	0,6162	0,4703	0,2488	0,7263	0,8480	0,3395	0,2380	0,0950	0,3521	0,1388	0,4775	0,7470
6	0,7839	0,0211	0,3993	0,9717	0,7050	0,9380	0,0866	0,1598	0,6973	0,3714	0,3150	0,6095
7	0,9674	0,6555	0,0309	0,2024	0,4449	0,9973	0,3495	0,2170	0,4837	0,6495	0,0331	0,4033
8	0,3878	0,8001	0,5946	0,8744	0,2733	0,1776	0,2136	0,2023	0,4163	0,3234	0,1866	0,6479
9	0,5808	0,0627	0,6223	0,3254	0,3766	0,3227	0,9410	0,9503	0,1278	0,0847	0,9310	0,1857
10	0,6114	0,5879	0,6607	0,9739	0,3239	0,2522	0,4903	0,3314	0,7684	0,1970	0,3307	0,2562
11	0,4140	0,0374	0,3300	0,1429	0,5947	0,1803	0,2625	0,0137	0,7213	0,3514	0,7936	0,1953
12	0,2570	0,1958	0,5072	0,5100	0,2310	0,7580	0,9723	0,8491	0,4417	0,1465	0,6286	0,7593
13	0,3330	0,2006	0,6349	0,1808	0,6149	0,7414	0,6440	0,8858	0,4223	0,1946	0,7299	0,0742
14	0,4729	0,3980	0,1550	0,3887	0,3707	0,2849	0,7328	0,0044	0,2826	0,8515	0,3854	0,2103
15	0,9869	0,8235	0,0669	0,8187	0,3924	0,8589	0,3706	0,1801	0,9844	0,5723	0,2101	0,3807
16	0,6280	0,3068	0,6114	0,5568	0,9962	0,7925	0,7375	0,3688	0,1708	0,8918	0,2050	0,7662
17	0,6830	0,2029	0,0794	0,6644	0,1972	0,4421	0,5576	0,0196	0,6319	0,0300	0,9406	0,9640
18	0,1868	0,7472	0,7452	0,3772	0,1126	0,9841	0,7200	0,2108	0,8940	0,1227	0,8653	0,0622
19	0,2620	0,0360	0,9250	0,9295	0,4884	0,8325	0,0251	0,4122	0,9349	0,0765	0,7393	0,3392
20	0,5845	0,6320	0,1611	0,0037	0,3519	0,6823	0,0560	0,8715	0,0233	0,0499	0,1929	0,5873
Simpangan baku	0,2758	0,2726	0,2924	0,2767	0,2631	0,2937	0,3041	0,3095	0,3102	0,3018	0,2837	0,6596
Rata - rata	0,5345	0,3793	0,4117	0,5731	0,4360	0,5855	0,4829	0,3734	0,4939	0,3347	0,4709	0,4419



Tugas Akhir
 Studi Pola Operasi Waduk
 (Studi Kasus Waduk Randugunting, Kabupaten Blora)

Tabel 4.13 Bilangan Random (ti) Tahun ke 1-20 (lanjutan)

Tahun ke	Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0,2921	0,0924	0,7901	0,8073	0,7078	0,8018	0,6774	0,4442	0,8628	0,2505	0,2564	0,9347
2	0,1791	0,8360	0,3728	0,5368	0,3327	0,7490	0,5853	0,8278	0,3242	0,2291	0,6336	0,6558
3	0,5068	0,3085	0,7411	0,6176	0,9041	0,4797	0,3983	0,3545	0,9054	0,8253	0,3534	0,3896
4	0,8137	0,0466	0,8278	0,6225	0,5907	0,8278	0,5947	0,6480	0,5603	0,7045	0,8372	0,6178
5	0,4353	0,3210	0,9886	0,9802	0,6179	0,5822	0,4139	0,1739	0,3405	0,3638	0,6362	0,5572
6	0,7816	0,3045	0,4985	0,4873	0,7326	0,0917	0,0396	0,6898	0,0480	0,1751	0,3033	0,5463
7	0,7391	0,8648	0,1723	0,4449	0,7932	0,4959	0,9084	0,3189	0,0121	0,0528	0,3880	0,0568
8	0,1983	0,9824	0,1114	0,4204	0,4844	0,5806	0,1439	0,2497	0,9919	0,7468	0,5585	0,3308
9	0,7062	0,7937	0,5744	0,6341	0,1572	0,2579	0,1147	0,0597	0,2035	0,7607	0,8470	0,6423
10	0,2436	0,2590	0,9732	0,9708	0,7934	0,6722	0,1182	0,6651	0,4729	0,8946	0,0215	0,1835
11	0,1271	0,4555	0,9946	0,6169	0,0955	0,9304	0,1894	0,8948	0,5127	0,4128	0,0815	0,5774
12	0,0370	0,4952	0,8456	0,3220	0,7021	0,4573	0,0341	0,6896	0,3246	0,8375	0,8790	0,0137
13	0,1690	0,0676	0,6252	0,2853	0,5268	0,9762	0,0880	0,9265	0,7270	0,3658	0,8649	0,0108
14	0,5122	0,6082	0,8202	0,6676	0,2239	0,1144	0,6998	0,8677	0,0070	0,9137	0,9600	0,8029
15	0,2509	0,0912	0,9263	0,7281	0,7778	0,6335	0,4400	0,2353	0,6981	0,7832	0,5507	0,3508
16	0,2924	0,4471	0,1940	0,5858	0,2180	0,2849	0,5347	0,9100	0,4822	0,9557	0,6110	0,9797
17	0,9191	0,6066	0,5002	0,6065	0,4587	0,2906	0,4236	0,2555	0,2172	0,0099	0,9476	0,6403
18	0,5655	0,1675	0,3439	0,4145	0,2641	0,4482	0,4443	0,0679	0,0893	0,6648	0,5715	0,7954
19	0,7215	0,6884	0,9672	0,5291	0,3378	0,8616	0,6407	0,1497	0,8902	0,9477	0,1940	0,9322
20	0,9586	0,6065	0,6018	0,6265	0,5378	0,2965	0,6960	0,5091	0,4194	0,9869	0,8480	0,6983
Simpangan baku	0,2854	0,3018	0,2403	0,2164	0,2516	0,2685	0,2820	0,3041	0,3232	0,3067	0,2943	0,3012
Rata - rata	0,4725	0,4521	0,6435	0,5952	0,5128	0,5416	0,4093	0,4969	0,4545	0,5941	0,5672	0,5358



c. Tahap peramalan

$$\text{Nilai rata-rata debit inflow } (\bar{Q}) = 19,21 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Simpangan baku (sd)} = 5,85$$

$$\text{Koefisien korelasi (rj)} = 0,59$$

$$\text{Koefisien regresi (bj)} = 0,71$$

$$\text{Data debit } 2019 \text{ Des P2} = 6,44 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Debit rata-rata } 2019 \text{ Des P2} = 14,59 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Bilangan random Januari P1} = 0,1602$$

Contoh perhitungan nilai debit inflow bangkitan Q_{Januari} tahun ke 1 periode 1 dengan rumus sebagai berikut.

$$Q_{i+1,j} = \bar{Q} + b_j (Q_{i,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + t_i \cdot Sd_j (1 - (r_j)^2)^{0,5}$$

$$Q_{2020 \text{ Jan P1}} = \bar{Q}_{\text{Jan P1}} + b_{\text{Jan P1}} (Q_{2019 \text{ Des P2}} - \bar{Q}_{2019 \text{ Des P2}}) + t_{1 \text{ Jan P1}} \times Sd_{\text{Jan P1}} (1 - (r_{\text{Jan P1}})^2)^{0,5}$$

$$= 19,21 + 0,71 (6,44 - 14,59) + (0,1602 \times 5,85 (1 - (0,59)^2)^{0,5})$$

$$= 14,20 \text{ m}^3/\text{dt}$$



Tugas Akhir
Studi Pola Operasi Waduk
(Studi Kasus Waduk Randugunting, Kabupaten Blora)

Sehingga diperoleh hasil perhitungan debit *inflow* bangkitan untuk 20 tahun yang akan datang (2019 – 2039), dapat dilihat pada Tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.14 Debit Ketersediaan Air (2010-2019) dan Bangkitan Debit *Inflow* (2020-2039)

Tahun	Satuan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	m ³ /dt	28,84	15,32	10,87	16,53	15,84	14,38	9,63	16,56	8,93	12,69	8,88	8,83
2011	m ³ /dt	10,68	10,63	11,84	8,99	7,04	11,02	9,83	7,37	9,49	5,10	2,98	2,05
2012	m ³ /dt	21,18	18,21	8,69	11,43	9,74	7,13	12,86	5,63	9,89	6,06	5,59	3,55
2013	m ³ /dt	23,22	22,44	14,98	14,85	15,57	17,81	20,41	14,14	12,78	13,14	13,17	14,79
2014	m ³ /dt	22,35	25,58	21,88	10,45	22,19	9,27	11,07	12,54	5,23	3,19	2,46	7,15
2015	m ³ /dt	14,43	13,24	15,05	7,37	9,57	14,12	21,55	13,70	10,19	3,97	2,68	1,48
2016	m ³ /dt	16,15	20,39	18,71	21,97	16,60	15,49	25,11	14,38	12,01	20,59	10,84	10,65
2017	m ³ /dt	18,88	26,97	27,41	22,12	33,67	18,72	18,47	20,77	12,32	12,97	5,72	8,69
2018	m ³ /dt	24,42	14,90	16,14	26,24	31,02	20,09	15,35	8,45	4,98	9,01	3,32	3,63
2019	m ³ /dt	11,92	15,78	19,39	8,39	10,90	25,73	22,97	17,99	15,50	5,49	6,21	2,53
2020	m ³ /dt	14,20	18,78	16,69	20,14	12,63	18,69	25,99	17,11	12,54	13,03	4,43	8,46
2021	m ³ /dt	22,98	20,97	17,97	20,46	24,50	16,11	22,91	19,36	14,19	15,69	9,86	5,41
2022	m ³ /dt	23,90	19,78	19,45	21,42	25,11	18,90	19,76	16,62	12,79	11,87	10,15	10,66
2023	m ³ /dt	23,42	19,88	19,14	17,94	26,41	19,75	19,83	16,35	11,97	12,36	8,45	10,68
2024	m ³ /dt	24,54	22,00	18,60	20,42	25,32	18,84	20,55	14,76	12,28	10,89	8,93	10,40
2025	m ³ /dt	25,99	20,04	20,72	21,77	27,20	21,79	19,29	15,32	12,65	12,28	7,78	10,54
2026	m ³ /dt	26,85	23,71	17,83	17,68	27,20	22,44	22,34	15,08	12,26	13,93	7,86	8,90
2027	m ³ /dt	21,97	24,70	22,73	20,87	21,82	18,14	22,13	16,20	11,99	12,01	9,08	9,57
2028	m ³ /dt	23,89	19,49	23,55	19,21	25,84	17,92	22,76	19,31	11,60	10,62	9,78	9,66
2029	m ³ /dt	25,02	22,74	19,98	23,62	23,76	18,28	20,56	16,91	14,51	11,01	7,67	10,53
2030	m ³ /dt	23,36	20,27	20,97	17,03	30,04	17,52	19,75	14,70	13,50	13,31	8,94	8,29
2031	m ³ /dt	22,87	20,58	19,92	19,72	20,88	21,71	22,52	17,95	11,92	11,72	9,77	10,92
2032	m ³ /dt	21,52	20,46	20,66	17,25	25,94	19,94	23,64	19,18	13,05	11,16	9,17	10,07
2033	m ³ /dt	23,03	21,06	18,63	18,84	21,90	18,47	22,94	15,85	13,12	15,21	8,09	9,80
2034	m ³ /dt	28,15	23,68	18,71	20,81	23,74	20,75	20,36	16,33	13,84	13,77	9,80	9,15
2035	m ³ /dt	24,96	22,57	22,78	19,18	29,25	20,73	23,47	16,14	11,77	15,82	9,04	11,79
2036	m ³ /dt	26,93	21,09	19,84	21,37	23,02	19,90	22,64	15,85	12,97	10,21	11,80	11,51
2037	m ³ /dt	23,52	24,45	21,47	18,46	24,91	21,61	22,86	16,35	13,59	11,32	8,69	12,05
2038	m ³ /dt	24,93	19,81	24,60	22,57	23,87	21,16	20,75	17,29	13,88	11,39	8,98	9,64
2039	m ³ /dt	26,08	23,27	18,20	17,87	27,54	20,18	20,61	18,43	11,71	11,40	7,77	10,54

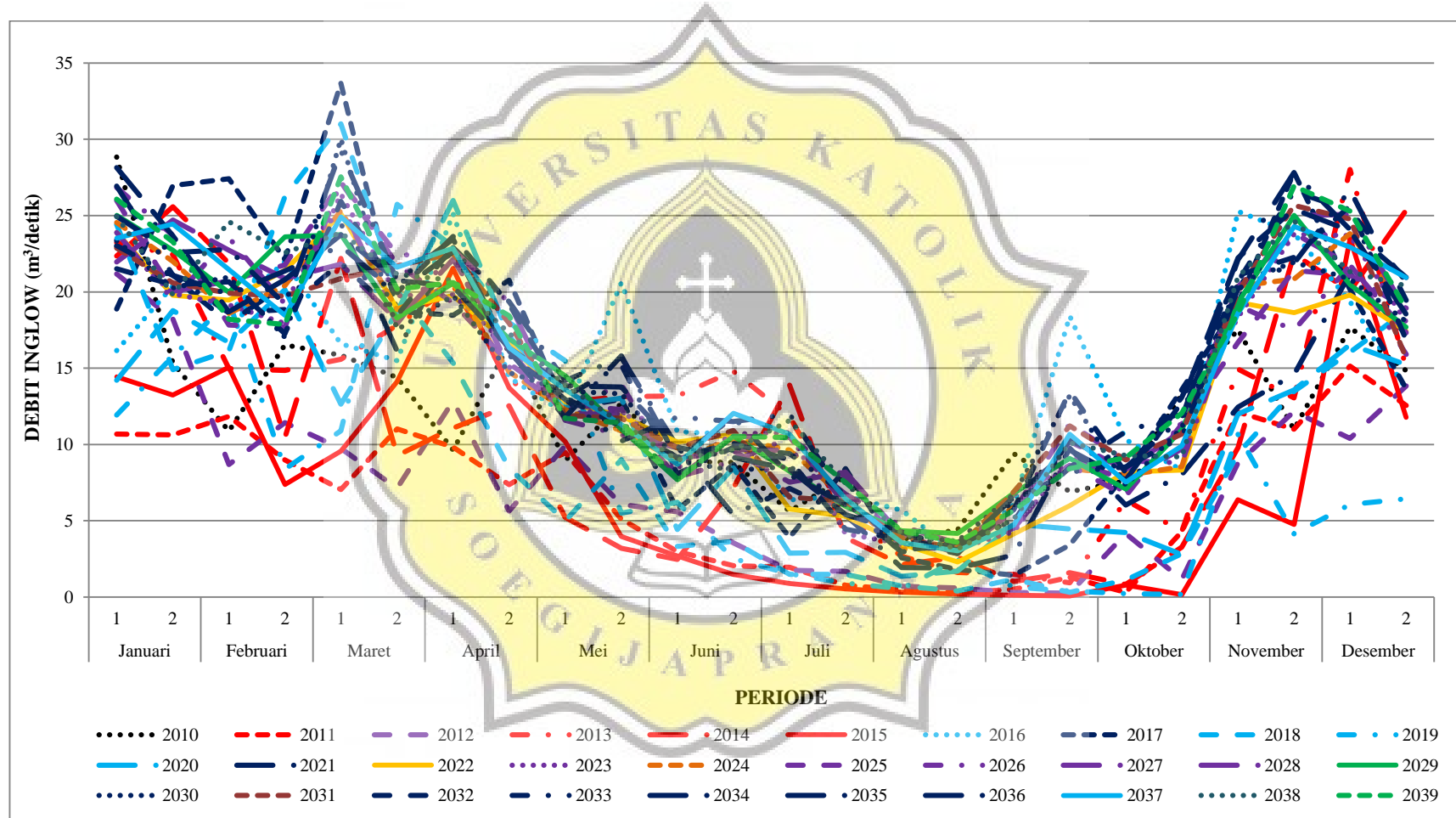


Tabel 4.14 Debit Ketersediaan Air (2010-2019) dan Bangkitan Debit *Inflow* (2020-2039) (lanjutan)

Tahun	Satuan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	m3/dt	5,62	7,90	3,78	4,41	9,40	6,90	7,61	13,25	17,52	10,99	17,67	14,84
2011	m3/dt	1,95	0,77	0,46	0,28	0,50	1,28	0,31	4,29	12,13	11,01	15,14	12,55
2012	m3/dt	1,75	1,68	0,71	0,59	0,28	0,25	4,15	1,14	8,80	12,16	10,40	13,84
2013	m3/dt	11,83	5,30	2,69	1,61	1,48	0,93	6,36	4,30	14,94	13,05	28,02	15,03
2014	m3/dt	13,89	3,89	2,12	2,61	1,01	1,59	0,82	3,27	9,78	22,48	20,06	25,36
2015	m3/dt	0,89	0,53	0,32	0,19	0,12	0,07	0,78	0,16	6,37	4,75	23,50	11,78
2016	m3/dt	6,36	6,61	5,70	2,87	6,06	18,42	10,30	8,34	25,28	23,84	19,36	13,62
2017	m3/dt	3,91	8,41	2,58	1,81	1,43	3,41	8,10	13,59	19,23	27,84	20,16	13,63
2018	m3/dt	1,49	1,48	0,71	0,40	1,16	0,32	1,10	2,83	9,40	13,47	16,04	18,77
2019	m3/dt	1,52	0,91	0,55	2,45	0,65	0,39	0,23	0,16	10,67	4,13	6,06	6,44
2020	m3/dt	2,88	2,93	1,36	1,69	4,78	4,47	4,23	2,79	12,00	13,57	16,55	15,22
2021	m3/dt	7,12	5,39	1,92	1,89	2,76	9,76	6,03	8,02	12,45	14,58	21,19	17,19
2022	m3/dt	5,77	5,29	3,46	2,29	4,14	5,99	8,20	8,32	19,32	18,64	19,79	17,43
2023	m3/dt	10,79	4,15	3,50	3,17	4,28	9,22	6,82	11,42	18,34	23,77	23,69	18,02
2024	m3/dt	9,63	6,48	3,10	3,53	5,89	8,44	7,97	8,54	20,37	20,84	23,81	18,95
2025	m3/dt	10,48	6,07	3,75	2,84	6,74	8,62	6,62	11,33	16,68	21,41	21,09	18,94
2026	m3/dt	10,45	7,87	3,24	3,16	5,61	11,37	8,94	8,79	19,10	17,50	21,73	15,90
2027	m3/dt	7,52	8,19	4,05	2,85	5,64	10,20	8,35	10,90	20,33	23,84	21,75	17,33
2028	m3/dt	9,61	6,74	4,64	3,51	4,50	8,95	7,69	9,71	19,40	24,99	25,08	18,73
2029	m3/dt	8,24	5,94	4,34	4,17	6,81	9,08	7,08	10,97	19,29	25,02	20,48	17,70
2030	m3/dt	8,56	6,05	3,97	3,66	6,73	13,19	7,32	11,09	20,58	21,95	20,84	18,05
2031	m3/dt	6,54	6,25	3,88	3,17	6,91	11,21	8,98	10,68	20,01	25,67	24,78	15,63
2032	m3/dt	8,99	4,45	3,77	3,08	5,73	13,50	8,13	13,09	21,09	22,27	25,65	16,83
2033	m3/dt	9,39	6,70	3,09	3,38	5,03	8,50	10,84	12,05	20,69	26,58	25,34	20,65
2034	m3/dt	8,38	5,41	4,27	3,06	6,56	9,63	7,68	12,76	22,24	25,43	24,02	18,53
2035	m3/dt	8,00	6,07	2,95	3,59	4,97	10,29	8,48	11,73	22,10	27,82	24,08	20,95
2036	m3/dt	11,98	6,38	3,55	2,86	6,35	8,20	8,53	10,46	20,21	21,87	26,69	19,44
2037	m3/dt	10,67	6,44	3,56	3,02	4,71	10,66	7,53	9,91	18,59	24,29	22,94	20,94
2038	m3/dt	11,57	7,45	4,18	3,13	5,12	10,11	9,27	9,18	20,98	24,65	21,32	20,40
2039	m3/dt	10,44	7,51	4,32	3,58	5,68	8,42	9,14	12,06	18,61	26,94	25,29	18,85



Grafik hasil perhitungan bangkitan debit *inflow* dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik Bangkitan Debit *Inflow*



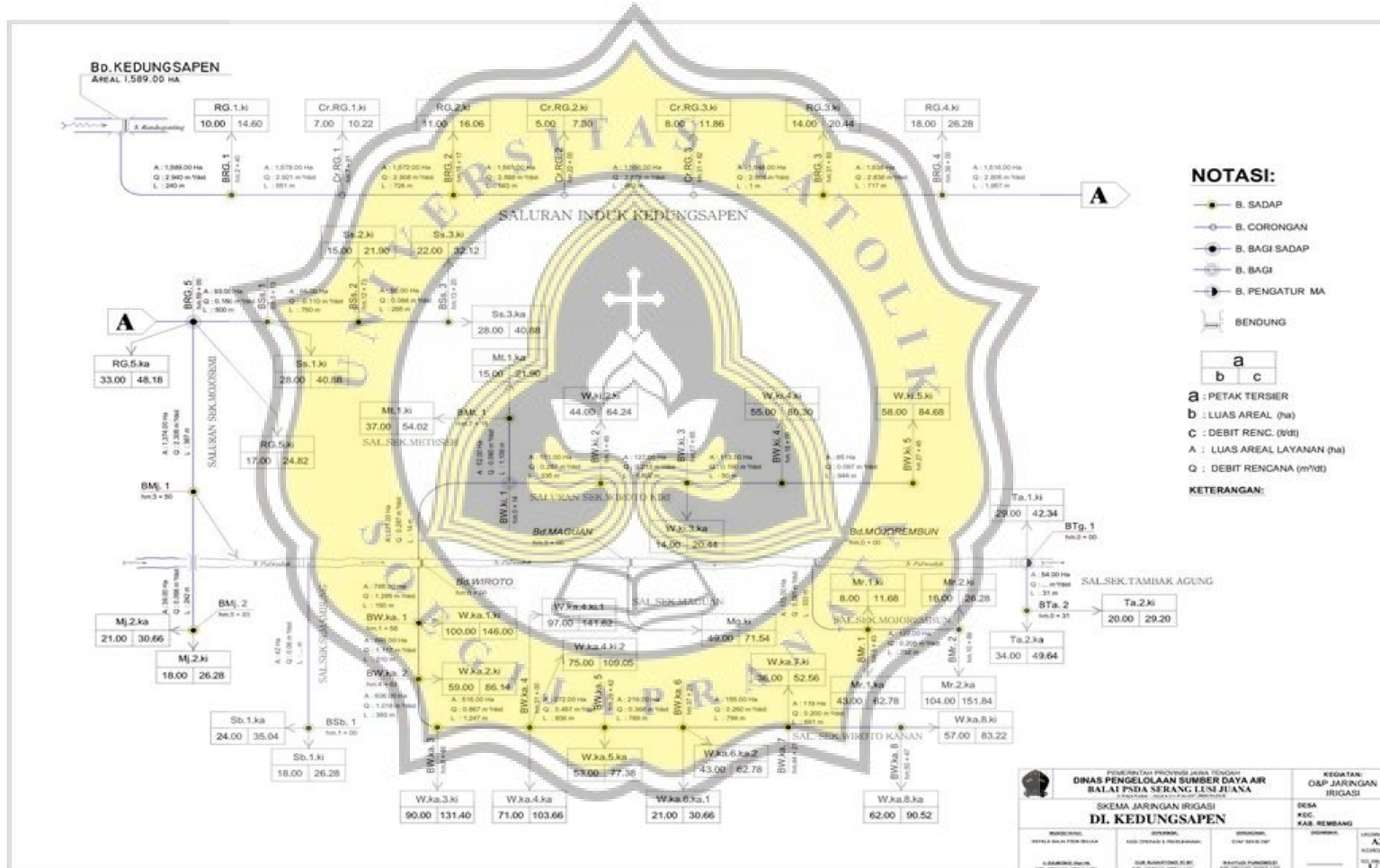
4.3 Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Eksisting

Kebutuhan air irigasi sebagian besar telah disediakan oleh air permukaan. Kebutuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk kebutuhan irigasi, sistem golongan/pengelompokan dan jadwal tanam. Pada analisis kebutuhan air irigasi, dihitung besarnya kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam eksisting sebagai *outflow* dari waduk. Kondisi eksisting pemanfaatan air irigasi Randugunting juga perlu diperhatikan, berikut merupakan hal yang perlu diperhatikan:

- a. Variasi koefisien tanaman (K_c) padi adalah varietas unggul (FAO) dan tanaman palawija yaitu jagung yang dapat dilihat pada Tabel 2.7
- b. Jadwal tanam yang dipakai oleh petani pada tahap penyiapan lahan dimulai pada November 1 dan awal tanam pada Desember 1.
- c. Jenis tanaman yang ditanam berasal dari dua jenis, yaitu: padi dan palawija. Pola tanam eksisting yang ada pada daerah irigasi ini adalah padi-padi-jagung, dengan satu golongan.
- d. Ketersediaan air irigasi dihitung berdasarkan pola tanam eksisting. Waduk Randugunting rencananya akan menyuplai kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Kedungsapen. Kondisi eksisting saat ini tercatat sebesar 1.595 hektar yang ditanami padi dan jagung, adapun skema jaringan irigasinya dapat dilihat pada gambar berikut.



Daerah irigasi yang mendapat air dari sungai Kalinanas yaitu DI Kedungsapen yang terletak di Kabupaten Rembang



Gambar 4.9 Skema Irigasi DI Kedungsapen (Sumber: Balai PSDA Seluna Juana)



4.3.1 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif diambil dari data curah hujan efektif 15 harian. Data yang diambil 80% dari curah hujan minimum tengah bulan dengan periode ulang 10 tahun. Berikut ini adalah contoh perhitungan curah hujan efektif pada bulan Januari.

Perhitungan curah hujan efektif DI Kedungsapen menggunakan curah hujan setengah bulanan dari pos stasiun hujan Tunjungan dan Todanan. Untuk curah hujan setengah bulanan dari ketiga pos stasiun hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Data Hujan 15 Harian DAS Randugunting Tahun 2010-2019

Tahun	Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	mm/15 hari	420,75	134,00	87,75	188,25	191,25	161,25	75,00	234,00	82,25	151,00	83,00	151,50
2011	mm/15 hari	109,10	128,75	121,20	105,00	92,85	140,35	86,45	100,20	93,30	21,95	31,00	13,70
2012	mm/15 hari	232,10	164,10	34,50	93,60	96,80	81,80	158,55	45,60	99,00	31,45	39,30	31,00
2013	mm/15 hari	284,75	211,25	136,10	126,15	171,90	216,60	174,80	103,30	75,80	120,45	100,70	128,55
2014	mm/15 hari	236,20	269,95	182,75	53,75	179,00	49,75	107,55	89,35	15,35	11,95	10,05	71,40
2015	mm/15 hari	129,40	115,40	113,40	40,55	74,10	146,60	225,50	119,30	90,55	1,00	6,35	0,00
2016	mm/15 hari	150,85	199,05	178,35	245,35	250,45	199,00	406,80	144,60	206,00	269,50	127,55	127,00
2017	mm/15 hari	174,75	275,15	243,90	172,25	393,65	152,60	227,20	200,25	95,00	123,60	32,50	96,80
2018	mm/15 hari	202,40	109,80	152,55	275,45	332,45	190,00	149,75	60,20	35,00	89,80	5,55	32,50
2019	mm/15 hari	89,75	189,50	191,80	60,00	108,75	281,70	263,25	151,40	142,65	0,00	29,05	0,00

Tahun	Satuan	Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2010	mm/15 hari	34,75	82,50	39,25	55,00	78,25	44,75	53,00	108,25	150,00	100,75	236,65	173,00
2011	mm/15 hari	36,00	0,00	0,00	0,00	12,50	32,00	0,00	40,85	194,30	120,55	174,15	118,75
2012	mm/15 hari	9,50	27,50	0,00	6,00	0,00	0,80	40,15	3,10	82,00	105,90	101,20	121,05
2013	mm/15 hari	93,05	12,00	0,00	0,00	5,10	2,50	78,90	59,05	220,25	140,55	329,15	110,25
2014	mm/15 hari	120,05	10,75	0,00	16,25	0,00	9,75	6,75	29,85	103,55	202,20	180,15	200,40
2015	mm/15 hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,35	0,00	88,80	59,85	279,20	83,60
2016	mm/15 hari	76,20	69,00	38,45	30,50	55,65	175,00	95,75	67,45	272,95	212,05	149,65	93,45
2017	mm/15 hari	24,55	102,10	3,15	13,00	6,70	27,35	73,40	148,95	197,30	313,80	167,15	121,85
2018	mm/15 hari	3,00	20,10	3,00	0,00	9,15	0,00	9,45	25,35	87,80	119,25	128,25	160,50
2019	mm/15 hari	0,00	0,00	0,00	33,60	0,55	0,25	0,00	0,25	171,60	36,90	82,60	96,25

Langkah 1 : mengurutkan data hujan tiap periode (terkecil hingga terbesar)

Dari data hujan, kemudian dicari curah hujan efektifnya dengan grafik. Untuk itu perlu mengurutkan data hujan dari terkecil hingga terbesar seperti pada Tabel 4.16 sebagai berikut.



Tabel 4.16 Data Curah Hujan 15 Harian Sebelum dan Sesudah Diurutkan

Tahun	Sebelum diurutkan		Sesudah diurutkan	
	Januari		Januari	
	Jan-1	Jan-2	Jan-1	Jan-2
2010	420,75	134,00	89,75	109,80
2011	109,10	128,75	109,10	115,40
2012	232,10	164,10	129,40	128,75
2013	284,75	211,25	150,85	134,00
2014	236,20	269,95	174,75	164,10
2015	129,40	115,40	202,40	189,50
2016	150,85	199,05	232,10	199,05
2017	174,75	275,15	236,20	211,25
2018	202,40	109,80	284,75	269,95
2019	89,75	189,50	420,75	275,15

Langkah 2 : perhitungan probabilitas, R_{80} dan R_e

Digunakan rumus 2.32 untuk perhitungan probabilitas, digunakan data hujan pada bulan Januari sebagai contoh perhitungannya.

1. Perhitungan probabilitas pada bulan Januari periode 1

$$\begin{aligned}
 \text{Probabilitas} &= \frac{\text{Data ke-n}}{\sum \text{Data}+1} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Data urutan ke 1}}{\sum \text{data}+1} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{10+1} \times 100\% \\
 &= 9,09\%
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan R_{80} pada bulan Januari periode 1

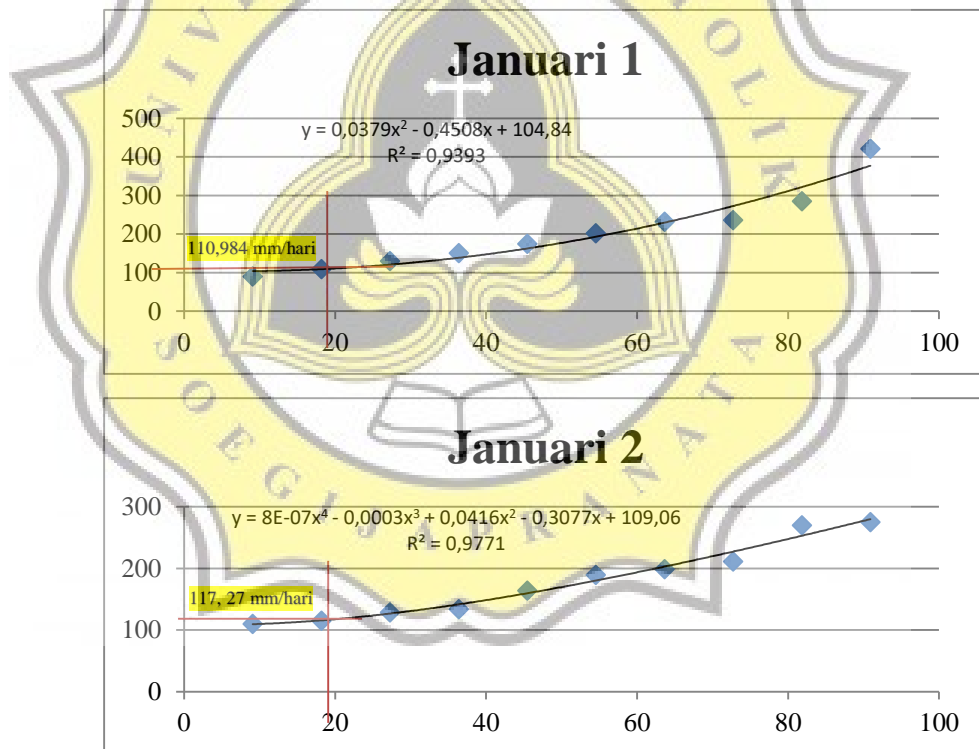
Dibuat grafik antara data hujan dan probabilitas, kemudian dicari *trendline* agar muncul persamaan yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan 80% (R_{80}). Grafik yang dihasilkan harus menunjukkan kurva yang naik. Melalui grafik didapat persamaan, nilai koefisien x diinput nilai 20, karena kemungkinan yang ingin dipenuhi yaitu 80%. Jika nilai R_{80} bernilai negatif, maka nilai dianggap “nol”. Berikut adalah contoh perhitungan persamaan dan grafik pada bulan Januari periode 1.



Berikut adalah hasil R_{80} , persamaan dan grafik pada bulan Januari 1 dan Januari 2.

Tabel 4.17 Probabilitas dan Data Hujan Bulan Januari

Jan-01	Probabilitas	Data	Jan-02	Probabilitas	Data
1	9,09	89,75	1	9,09	109,80
2	18,18	109,10	2	18,18	115,40
3	27,27	129,40	3	27,27	128,75
4	36,36	150,85	4	36,36	134,00
5	45,45	174,75	5	45,45	164,10
6	54,55	202,40	6	54,55	189,50
7	63,64	232,10	7	63,64	199,05
8	72,73	236,20	8	72,73	211,25
9	81,82	284,75	9	81,82	269,95
10	90,91	420,75	10	90,91	275,15
R80 =		110,984	R80 =		117,274



Gambar 4.10 Grafik Hasil *Trendline* pada Bulan Januari

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,0379x^2 - 0,4508x + 104,84 \\
 R_{80} (x=20) &= 0,0379 \times (20)^2 - 0,4508 \times 20 + 104,84 \\
 &= 110,984 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$



Sehingga didapat nilai R_{80} tiap bulannya dari tahun 2010-2019 yang dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Rekap Nilai Curah Hujan Efektif (R_{80})

Bulan	R80 (mm)		Bulan	R80 (mm)	
Januari	1	110,98	Juli	1	1,44
	2	117,27		2	3,19
Pebruari	1	80,08	Agustus	1	0,18
	2	54,26		2	0,00
Maret	1	87,66	September	1	2,66
	2	32,58		2	0,00
April	1	81,06	Oktober	1	0,00
	2	65,46		2	2,74
Mei	1	43,39	November	1	90,00
	2	3,04		2	64,23
Juni	1	9,93	Desember	1	96,91
	2	6,20		2	91,84

3. Perhitungan curah hujan efektif (Re) tanaman padi pada bulan Januari periode 1.

$$Re = \frac{1}{15} \times 70\% \times 110,98$$

$$= 5,18 \text{ mm/hari}$$

Sehingga didapat nilai Re untuk tanaman padi bulan Januari hingga Desember yang dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Curah Hujan Efektif Tanaman Padi (Re_{padi})

Bulan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
Periode	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
R80 (mm/15 hari)	110,98	117,27	80,08	54,26	87,66	32,58	81,06	65,46	43,39	3,04	9,93	6,20
Re (mm/hari)	5,18	5,47	3,74	2,53	4,09	1,52	3,78	3,05	2,02	0,14	0,46	0,29

Bulan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
Periode	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
R80 (mm/15 hari)	1,44	3,19	0,18	0,00	2,66	0,00	0,00	2,74	90,00	64,23	96,91	91,84
Re (mm/hari)	0,07	0,15	0,01	0	0,12	0	0	0,13	4,2	3	4,52	4,29

4. Perhitungan curah hujan efektif (Re) tanaman jagung pada bulan Januari periode 1.

$$Re = \frac{1}{15} \times 50\% \times 110,98$$



$$= 3,70 \text{ mm/hari}$$

Sehingga didapat nilai Re untuk tanaman palawija pada bulan Januari hingga Desember yang dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija (Re_{palawija})

Bulan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
Periode	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
R80 (mm/15 hari)	110,98	117,27	80,08	54,26	87,66	32,58	81,06	65,46	43,39	3,04	9,93	6,20
Re (mm/hari)	3,70	3,91	2,67	1,81	2,92	1,09	2,70	2,18	1,45	0,10	0,33	0,21

Bulan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
Periode	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
R80 (mm/15 hari)	1,44	3,19	0,18	0,00	2,66	0,00	0,00	2,74	90,00	64,23	96,91	91,84
Re (mm/hari)	0,048	0,106	0,01	0	0,09	0	0	0,09	3	2,14	3,23	3,06

4.3.2 Perhitungan Kebutuhan Air Penyiapan Lahan

Kebutuhan air penyiapan lahan pada studi ini menggunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijstra (1968). Metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam l/dt selama periode penyiapan lahan. Dalam studi ini lamanya waktu penyiapan lahan (T) adalah 30 hari. Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan sesuai dengan pola tanam eksisting pada bulan Januari periode 1.

a. Perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Langkah 1 : perhitungan evapotranspirasi

Dari perhitungan sebelumnya didapat nilai $ET_0 = 2,60 \text{ mm/hari}$

Langkah 2 : perhitungan air terbuka (E_o)

$$E_o = 1,1 \times ET_0$$

$$= 1,1 \times 2,60$$

$$= 2,86 \text{ mm/hari}$$

Langkah 3 : menentukan laju perlokasi (Pr)

Nilai laju perkolasi diambil dari Tabel 2.6 yaitu 2 mm/hari , karena menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 dan menurut data tanah yaitu lempung-berpasir termasuk tanah dengan tekstur sedang.

Langkah 4 : menentukan jangka waktu penyiapan lahan (T)

Lama penyiapan lahan menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 yaitu 30 hari, dengan asumsi proses penyiapan lahan menggunakan mesin.



Langkah 5 : menentukan kebutuhan air untuk penjemuran (S)

Menurut Standar Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01, kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) digunakan 200 mm yang meliputi penjemuran (*presaturation*) dan penggenangan sawah, awal transplantasi akan ditambah 50 mm. Angka 200 mm diasumsikan dengan tanah bertekstur berat (termasuk lempung menurut *United States Department of Agriculture*), cocok digenangi dan lahan belum ditanami (bera) selama 2,5 bulan.

Langkah 6 : perhitungan kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evapotranspirasi dan perkolasi (M)

$$\begin{aligned} M &= E_o + P \\ &= 2,86 + 2 \\ &= 4,86 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan koefisien k

$$\begin{aligned} k &= M \times \frac{T}{S} \\ &= 4,86 \times \frac{30}{250} \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

Langkah 8 : perhitungan kebutuhan air irigasi di tingkat sawah untuk penyiapan lahan (IR)

$$\begin{aligned} IR &= M \times \frac{e^k}{e^k - 1} \\ &= 2,37 \times \frac{e^{0,58}}{e^{0,58} - 1} \\ &= 11 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$



- b. Hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan selama setahun dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Uraian	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ET ₀ (mm/hari)	2,60	2,60	2,75	2,75	2,49	2,49	2,09	2,09	1,90	1,90	1,76	1,76
E ₀ (mm/hari)	2,86	2,86	3,02	3,02	2,74	2,74	2,30	2,30	2,09	2,09	1,93	1,93
P (mm/hari)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T (hari)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
S (mm)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Re (mm/hari)	5,18	5,47	3,74	2,53	4,09	1,52	3,78	3,05	2,02	0,14	0,46	0,29
M (mm/hari)	4,86	4,86	5,02	5,02	4,74	4,74	4,30	4,30	4,09	4,09	3,93	3,93
k	0,58	0,58	0,60	0,60	0,57	0,57	0,52	0,52	0,49	0,49	0,47	0,47
IR (mm/hari)	11,00	11,00	11,09	11,09	10,92	10,92	10,66	10,66	10,55	10,55	10,45	10,45

Uraian	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ET ₀ (mm/hari)	1,86	1,86	2,42	2,42	3,04	3,04	3,26	3,26	2,91	2,91	2,85	2,85
E ₀ (mm/hari)	2,04	2,04	2,66	2,66	3,34	3,34	3,59	3,59	3,20	3,20	3,14	3,14
P (mm/hari)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T (hari)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
S (mm)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Re (mm/hari)	0,07	0,15	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09	4,20	3,00	4,52	4,29
M (mm/hari)	4,04	4,04	4,66	4,66	5,34	5,34	5,59	5,59	5,20	5,20	5,14	5,14
k	0,49	0,49	0,56	0,56	0,64	0,64	0,67	0,67	0,62	0,62	0,62	0,62
IR (mm/hari)	10,52	10,52	10,88	10,88	11,29	11,29	11,44	11,44	11,20	11,20	11,16	11,16

4.3.3 Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Tanaman

Perhitungan air untuk tanaman ditentukan oleh beberapa faktor seperti evapotranspirasi, jenis tanah, dan jenis varietas tanaman. Selama masa pertumbuhan tanaman, tanaman memerlukan air untuk menunjang pertumbuhannya. Jumlah air yang diberikan akan berpengaruh terhadap hasil panen tanaman. Pada perhitungan ini dibedakan berdasarkan jenis tanamannya. Berikut hasil perhitungan kebutuhan air tanaman padi dan tanaman jagung berdasarkan pola tanam eksisting dengan awal masa tanam pada bulan Desember periode 1.

- a. Perhitungan kebutuhan air untuk tanaman padi

Langkah 1 : perhitungan evapotranspirasi potensial (ET₀)

Dari perhitungan sebelumnya didapat nilai ET₀ = 2,85 mm/hari



Langkah 2 : menentukan koefisien tanaman (K_c)

Variasi koefisien tanaman (K_c) digunakan 1,1 karena dipakai padi varietas unggul (FAO) dan pada bulan Desember merupakan masa tanam padi dua minggu ke-1, nilai K_c dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Langkah 3 : perhitungan konsumsi air tanaman (ET_c)

$$\begin{aligned} ET_c &= ET_0 \times K_c \\ &= 2,85 \times 1,1 \\ &= 3,14 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 4 : menentukan nilai penggantian air lapisan (WLR)

Diberikan setelah tahap persiapan lahan, yaitu 3,3 mm/hari selama setengah bulan.

Langkah 5 : perhitungan kebutuhan air irigasi untuk padi (NFR_{padi})

$$\begin{aligned} NFR &= ET_c + P - R_e + WLR \\ &= 3,14 + 2 - 4,52 + 0 \\ &= 0,62 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 6 : perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$\begin{aligned} DR &= \frac{NFR}{8,64 \times EI} \\ &= \frac{0,62}{8,64 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,9} \\ &= 0,11 \text{ liter/detik/ha} \end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan kebutuhan air irigasi

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= DR \times \text{luas daerah irigasi} \\ &= 0,1 \times 1.595 \text{ ha} \\ &= 175,19 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

b. Perhitungan kebutuhan air untuk tanaman jagung dengan awal masa tanam pada bulan Agustus

Langkah 1 : perhitungan evapotranspirasi (ET_0)

Dari perhitungan sebelumnya didapat nilai $ET_0 = 2,42$ mm/hari



Langkah 2 : menentukan koefisien tanaman (K_c)

Variasi koefisien tanaman (K_c) digunakan 0,50 karena tanaman palawija yang digunakan yaitu jagung, serta bulan Agustus merupakan masa tanam jagung dua minggu ke-1, nilai K_c dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Langkah 3 : perhitungan konsumsi air tanaman (ET_c)

$$\begin{aligned} ET_c &= ET_0 \times K_c \\ &= 2,42 \times 0,5 \\ &= 1,21 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 4 : menentukan nilai penggantian air lapisan (WLR)

Untuk tanaman jagung tidak ada pergantian lapisan air, $WLR = 0$

Langkah 5 : perhitungan kebutuhan air irigasi untuk padi (NFR_{jagung})

$$\begin{aligned} NFR &= ET_c - Re \\ &= 1,21 - 0,01 \\ &= 1,20 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Langkah 6 : perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$\begin{aligned} DR &= \frac{NFR}{8,64 \times EI} \\ &= \frac{1,20}{8,64 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,9} \\ &= 0,21 \text{ liter/detik/ha} \end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan kebutuhan air irigasi

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= DR \times \text{luas daerah irigasi} \\ &= 0,21 \times 1.595 \text{ ha} \\ &= 342,77 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$



c. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi

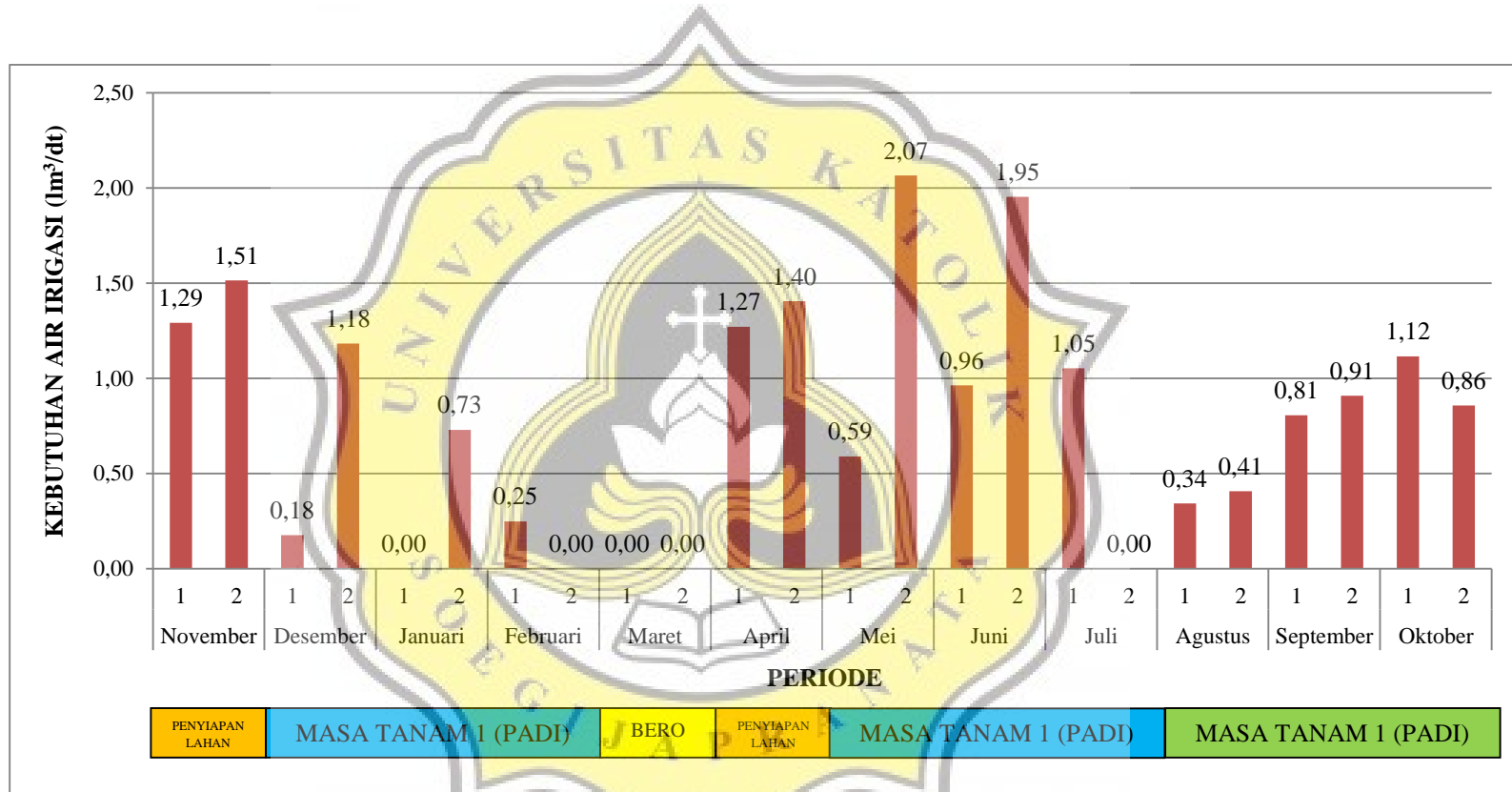
Sehingga didapat total debit kebutuhan air untuk DI Kedungsapen seluas 1.595 ha dan dengan pola tanam eksisting dengan jenis tanaman padi dan jagung, ditunjukkan pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Kebutuhan Air Irigasi

Uraian	November		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ET0 (mm/hari)	2,91	2,91	2,85	2,85	2,60	2,60	2,75	2,75	2,49	2,49	2,09	2,09	1,90	1,90	1,76	1,76	1,86	1,86	2,42	2,42	3,04	3,04	3,26	3,26
E0 (mm/hari)	3,20	3,20	3,14	3,14	2,86	2,86	3,02	3,02	2,74	2,74	2,30	2,30	2,09	2,09	1,93	1,93	2,04	2,04	2,66	2,66	3,34	3,34	3,59	3,59
P (mm/hari)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
T (hari)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
S (mm)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Re (mm/hari)	4,20	3,00	4,52	4,29	5,18	5,47	3,74	2,53	4,09	1,52	3,78	3,05	2,02	0,14	0,46	0,29	0,07	0,15	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09
M (mm/hari)	5,20	5,20	-	-	-	-	-	-	-	-	4,30	4,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
k	0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IR (mm/hari)	11,20	11,20	-	-	-	-	-	-	-	-	10,66	10,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kc	-	-	1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	0,00	-	-	-	-	1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	0,00	0,50	0,59	0,96	1,05	1,20	0,95
ETc (mm/hari)	-	-	3,14	3,14	2,73	2,73	2,61	0,00	-	-	-	-	2,09	2,09	1,85	1,85	1,76	0,00	1,21	1,43	2,92	3,19	3,92	3,10
WLR (mm/hari)	-	-	0,00	3,30	0,00	3,30	0,00	0,00	-	-	-	-	0,00	3,30	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NFR (mm/hari)	0,00	0,00	0,62	4,15	0,00	2,56	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	7,25	3,38	6,86	3,70	0,00	1,20	1,43	2,83	3,19	3,92	3,01
DR (lt/dt/ha)	0,00	0,00	0,11	0,74	0,00	0,46	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	1,29	0,60	1,22	0,66	0,00	0,21	0,25	0,50	0,57	0,70	0,54
Kebutuhan air (lt/dt)	1291,69	1513,620	175,19	1182,40	0,00	729,47	248,59	0,00	0,00	0,00	1269,98	1404,35	589,06	2065,09	963,19	1952,64	1052,98	0,00	342,77	406,50	805,33	908,47	1115,16	856,83
Kebutuhan air (m3/dt)	1,29	1,51	0,18	1,18	0,00	0,73	0,25	0,00	0,00	0,00	1,27	1,40	0,59	2,07	0,96	1,95	1,05	0,00	0,34	0,41	0,81	0,91	1,12	0,86
Masa Tanam	PL		MASA TANAM I (PADI) - 90 HARI						BERO		PL		MASA TANAM II (PADI) - 90 HARI						MASA TANAM III (JAGUNG) - 85 HARI					



Berikut adalah grafik kebutuhan air irigasi dengan pola tanam eksisting yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Grafik Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Pola Tanam Eksisting



4.4 Neraca Debit Air

Pada analisis neraca air, digunakan debit dengan tingkat keandalan yang dihitung berdasarkan nilai probabilitas 80%, yang artinya memiliki kemungkinan akan terjadi sebesar 80% dan tidak terpenuhi sebesar 20%. Dengan metode *ranking*, diurutkan semua data hujan tiap tahunnya pada bulan yang sama dari terbesar hingga terkecil. Berikut adalah hasil debit tingkat keandalan 80% yang sudah diurutkan dari besar ke terkecil.

Tabel 4.23 Perhitungan Debit Andalan (Q80%)

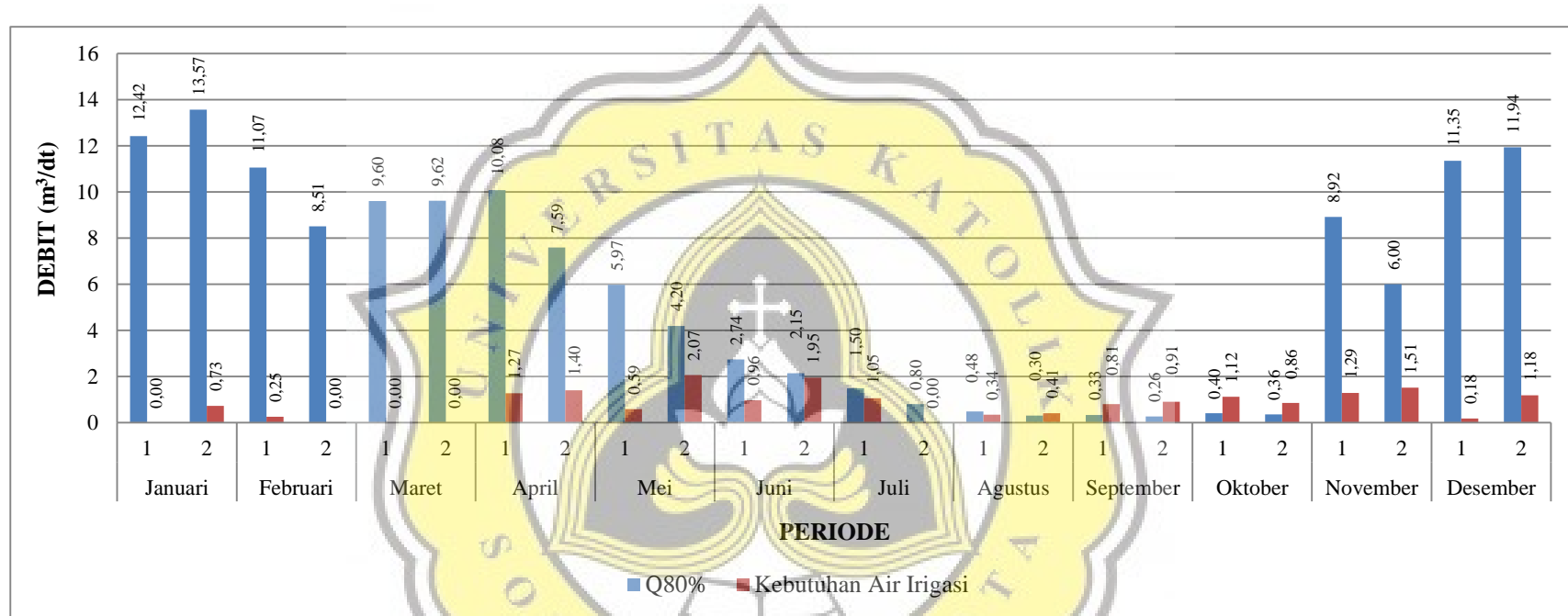
Data ke	Probabilitas	Satuan	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9,09%	m3/dt	28,84	26,97	27,41	26,24	33,67	25,73	25,11	20,77	15,50	20,59	13,17	14,79
2	18,18%	m3/dt	24,42	25,58	21,88	22,12	31,02	20,09	22,97	17,99	12,78	13,14	10,84	10,65
3	27,27%	m3/dt	23,22	22,44	19,39	21,97	22,19	18,72	21,55	16,56	12,32	12,97	8,88	8,83
4	36,36%	m3/dt	22,35	20,39	18,71	16,53	16,60	17,81	20,41	14,38	12,01	12,69	6,21	8,69
5	45,45%	m3/dt	21,18	18,21	16,14	14,85	15,84	15,49	18,47	14,14	10,19	9,01	5,72	7,15
6	54,55%	m3/dt	18,88	15,78	15,05	11,43	15,57	14,38	15,35	13,70	9,89	6,06	5,59	3,63
7	63,64%	m3/dt	16,15	15,32	14,98	10,45	10,90	14,12	12,86	12,54	9,49	5,49	3,32	3,55
8	72,73%	m3/dt	14,43	14,90	11,84	8,99	9,74	11,02	11,07	8,45	8,93	5,10	2,98	2,53
9	81,82%	m3/dt	11,92	13,24	10,87	8,39	9,57	9,27	9,83	7,37	5,23	3,97	2,68	2,05
10	90,91%	m3/dt	10,68	10,63	8,69	7,37	7,04	7,13	9,63	5,63	4,98	3,19	2,46	1,48
Q80%			12,42	13,57	11,07	8,51	9,60	9,62	10,08	7,59	5,97	4,20	2,74	2,15
Kebutuhan air irigasi			0,00	0,73	0,25	0,00	0,00	0,00	1,27	1,40	0,59	2,07	0,96	1,95

Data ke	Probabilitas	Satuan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9,09%	m3/dt	13,89	8,41	5,70	4,41	9,40	18,42	10,30	13,59	25,28	27,84	28,02	25,36
2	18,18%	m3/dt	11,83	7,90	3,78	2,87	6,06	6,90	8,10	13,25	19,23	23,84	23,50	18,77
3	27,27%	m3/dt	6,36	6,61	2,69	2,61	1,48	3,41	7,61	8,34	17,52	22,48	20,16	15,03
4	36,36%	m3/dt	5,62	5,30	2,58	2,45	1,43	1,59	6,36	4,30	14,94	13,47	20,06	14,84
5	45,45%	m3/dt	3,91	3,89	2,12	1,81	1,16	1,28	4,15	4,29	12,13	13,05	19,36	13,84
6	54,55%	m3/dt	1,95	1,68	0,71	1,61	1,01	0,93	1,10	3,27	10,67	12,16	17,67	13,63
7	63,64%	m3/dt	1,75	1,48	0,71	0,59	0,65	0,39	0,82	2,83	9,78	11,01	16,04	13,62
8	72,73%	m3/dt	1,52	0,91	0,55	0,40	0,50	0,32	0,78	1,14	9,40	10,99	15,14	12,55
9	81,82%	m3/dt	1,49	0,77	0,46	0,28	0,28	0,25	0,31	0,16	8,80	4,75	10,40	11,78
10	90,91%	m3/dt	0,89	0,53	0,32	0,19	0,12	0,07	0,23	0,16	6,37	4,13	6,06	6,44
Q80%			1,50	0,80	0,48	0,30	0,33	0,26	0,40	0,36	8,92	6,00	11,35	11,94
Kebutuhan air irigasi			1,05	0,00	0,34	0,41	0,81	0,91	1,12	0,86	1,29	1,51	0,18	1,18

$$\text{Probabilitas} = \frac{m}{n+1} \times 100\% = \frac{1}{10+1} \times 100\% = 9,09\%$$



Berikut merupakan grafik neraca dengan probabilitas 80% (Q80%) yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.12 Neraca Debit Ketersediaan Air (Q80%) dan Kebutuhan Air Irigasi

Setelah diperoleh debit andalan (Q80%), maka berdasarkan grafik diatas dapat dilihat keseimbangan antara debit ketersediaan air dan debit kebutuhan air di DAS Randugunting. Pada bulan Agustus hingga Oktober, debit ketersediaan air kurang mencukupi kebutuhan air untuk palawija, hal ini dikarenakan pada bulan tersebut musim kemarau sehingga curah hujan cenderung rendah.



4.5 Simulasi Waduk Randugunting

Simulasi pada waduk ditujukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari kinerja waduk berdasarkan ketersediaan air dan jumlah kebutuhan air yang dikeluarkan dari waduk untuk kebutuhan air irigasi. Kapasitas tampungan efektif waduk dihitung dengan menggunakan kurva lengkung kapasitas waduk yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 diperoleh volume tampungan efektif waduk randugunting sebesar $10.400.000 \text{ m}^3$ pada elevasi +94,27 dengan luas genangan $1.400.000 \text{ m}^2$. Volume tersebut nantinya dijadikan sebagai acuan pola operasi *water balance* waduk untuk kebutuhan air irigasi selama 30 tahun. Setelah diperoleh data debit *inflow* bangkitan dengan Metode Thomas-Fiering dan debit *outflow* yang berupa data debit kebutuhan irigasi, maka tahap analisis berikutnya adalah melakukan simulasi pola operasi berdasarkan kondisi waduk.

4.5.1 Lengkung Kapasitas Waduk

Lengkung kapasitas waduk adalah kurva hubungan antara volume tampungan waduk dan luas tampungan terhadap elevasi tampungan waduk. Melalui kurva kapasitas lengkung tersebut, dapat diketahui kapasitas volume tampungan efektif dimana nantinya digunakan sebagai acuan pola operasi keseimbangan air pada waduk.

4.5.1.1 Data Teknis Waduk Randugunting

Berdasarkan data dari tim perencana Waduk Randugunting, berikut adalah data-data teknis Waduk Randugunting:

- a. Waduk
 - a.1. Luas genangan (elevasi MAB) : 187,19 ha
 - a.2. Luas genangan (elevasi MAE) : 155,10 ha
 - a.3. Tampungan bruto (MAB) : 14,42 juta m^3
 - a.4. Tampungan efektif : 10,40 juta m^3
 - a.5. Tampungan mati : 1,79 juta m^3
 - a.6. Elevasi muka air banjir (MAB) : + 96,66
 - a.7. Elevasi muka air efektif (MAE) : + 94,23
 - a.8. Elevasi sedimentasi : + 84,87



b. Bendungan

b.1. Tipe	: Zonal Inti Tegak
b.2. Tinggi bendungan	: 31 m
b.3. Panjang bendungan	: 357,67 m
b.4. Elevasi puncak bendungan	: 99,00 m dpl
b.5. Elevasi pondasi terdalam	: 68,00 m dpl
b.6. Lebar puncak bendungan	: 10 m
b.7. Kemiringan Lereng hulu	: 1:2,75
b.8. Kemiringan Lereng hilir	: 1:2,25

c. Bangunan pengelak

c.1. Tipe	: Konduit, 2 buah x 2m x 3m
c.2. Material	: Beton Bertulang
c.3. Elevasi cofferdam	: +80,00
c.4. Elevasi Inlet	: +73,00
c.5. Elevasi Outlet	: +70,00
c.6. Panjang	: 320 m
c.7. Debit Q_{25}	: 81,42 m ³ /dt

d. Pelimpah

d.1. Tipe Pelimpah	: Side Spillway
d.2. Tipe Puncak Pelimpah	: ogee
d.3. Elevasi Puncak Pelimpah	: +94,23
d.4. Lebar Pelimpah	: 20 m
d.5. Debit QPMF in	: 381,39 m ³ /dt
d.6. Debit QPMF out	: 144,88 m ³ /dt
d.7. Debit Q1000 in	: 313,73 m ³ /dt
d.8. Debit Q1000 out	: 109,76 m ³ /dt

4.5.1.2 Data Kapasitas Tampungan

Dalam analisis tampungan waduk, akan dibedakan menjadi tampungan mati dan tampungan efektif. Tampungan mati merupakan tampungan yang



digunakan untuk menampung sedimen selama umur ekonomis yang direncanakan yaitu selama 50 tahun.

Berdasarkan pengukuran topografi, berikut adalah tabel kurva kapasitas waduk yang ditunjukkan pada Tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Lengkung Kapasitas Waduk Randugunting

Elevasi	Luas Tampang	Perubahan Volume	Volume Tampang
m	m ²	m ³	m ³
70	0	0	0
72,5	9.096,65	11.370,81	11.370,81
75	26.565,31	44.577,45	55.948,26
77,5	59.995,92	108.201,54	164.149,80
80	141.739,32	252.169,05	416.318,85
82,5	274.375,59	520.143,64	936.462,49
84,87	441.419,077	886.121,976	1.795.536,99
85	450.581,80	906.196,74	1.842.659,23
87	625.013,84	1.075.595,64	2.918.254,87
90	919.029,95	2.316.065,69	5.234.320,55
92,5	1.255.082,40	2.717.640,44	7.951.960,99
94,23	1.478.496,97	3.287.594,02	10.402.521,76
95	1.577.935,83	3.541.272,79	11.493.233,78
96,66	1.824.488,35	4.117.431,78	14.420.797,90
97,5	1.949.249,86	4.408.982,11	15.902.215,89
100	2.315.169,07	5.330.523,66	21.232.739,55

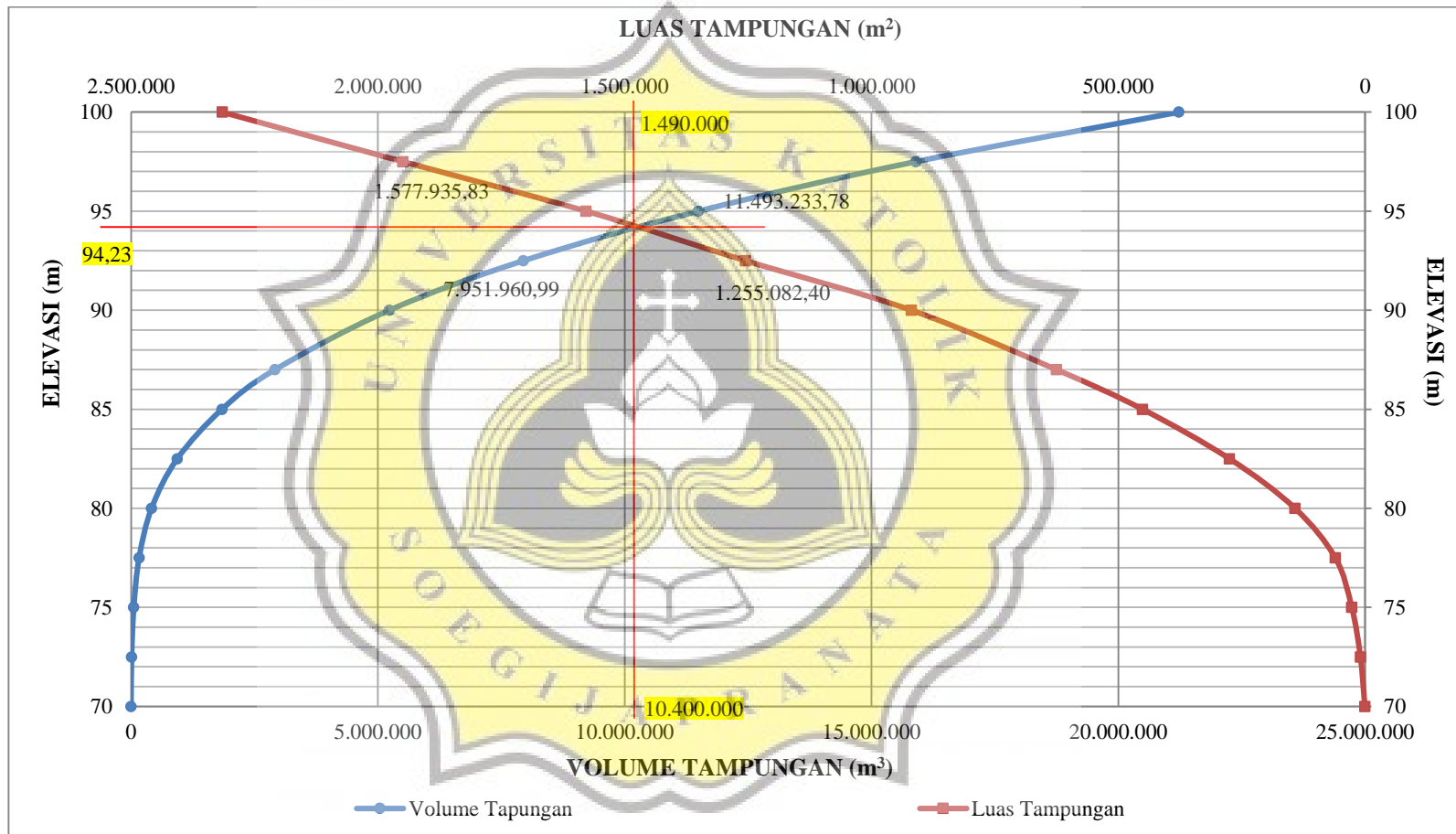
Berikut contoh perhitungan pada volume tampungan waduk dengan elevasi 72,5 m.

$$\begin{aligned} \text{Perubahan volume} &= \frac{(\text{elevasi}_n - \text{elevasi}_{n-1}) \times (A_n + A_{n-1})}{2} \\ &= \frac{(72,5 - 70) \times (9.096,65 + 0)}{2} \\ &= 11.370,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tampungan} &= \text{volume tampungan}_n + \text{volume komulatif}_{n-1} \\ &= 11.370,81 + 0 \\ &= 11.370,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Berdasarkan Tabel 4.24, berikut adalah kurva lengkung kapasitas tampungan Waduk Randugunting.



Gambar 4.13 Kurva Lengkung Kapasitas Waduk Randugunting



4.5.2 Simulasi Pola Tanam Eksisting

Simulasi dengan pola tanam eksisting ini digunakan untuk mengetahui persentase keberhasilan pola operasi waduk yang sudah ada yaitu dari tahun 2010 hingga 2039. Simulasi ini memperhitungkan jumlah air yang masuk ke suatu sistem tampungan dikurangi dengan jumlah air yang keluar dari suatu sistem tersebut atau disebut *inflow* dikurangi *outflow*, dengan volume tampungan efektif 10,4 juta m³ pada elevasi +94,23 dan volume tampungan mati 1,7 juta m³ pada elevasi +84,87.

Berikut merupakan contoh perhitungan *water balance* pada Waduk Randugunting pada bulan Januari periode 1 tahun 2010.

a. Pada simulasi pola tanam, digunakan hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya, meliputi sebagai berikut.

1. Debit ketersediaan air = 28,84 m³/detik
2. Debit kebutuhan air = 0 m³/detik
3. Evaporasi = 2,6 mm/hari

b. Perhitungan *water balance*

Langkah 1 : perhitungan volume *inflow*

$$\begin{aligned}\text{Volume Inflow} &= (28,83 \text{ m}^3/\text{dt} \times (60 \times 60 \times 24) \times 15 \text{ hari}) \\ &= 37.370.943,44 \text{ m}^3 \\ &= 37,37 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$

Langkah 2 : perhitungan volume *outflow*

$$\begin{aligned}\text{Volume outflow} &= (0 \text{ m}^3/\text{dt} \times (60 \times 60 \times 24) \times 15 \text{ hari}) \\ &= 0 \text{ m}^3 \\ &= 0 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$

Langkah 3 : perhitungan volume evaporasi

$$\begin{aligned}\text{Volume evaporasi} &= 2,60 \text{ mm/hari} \times 0,1157 \text{ lt/dt/ha} \times \\ &\quad \frac{1.798,1 \text{ ha} (60 \times 60 \times 24) \times 15 \text{ hari}}{1.000} \\ &= 701.012,16 \text{ m}^3 \\ &= 0,70 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$



Langkah 4 : perhitungan volume rembesan

Nilai rembesan diambil dari Tabel 2.6 yaitu 2 mm/hari, karena menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 dan menurut data tanah yaitu lempung-berpasir termasuk tanah dengan tekstur sedang. Rembesan pada tampungan terjadi pada luas dasar genangan kondisi efektif, yaitu 155,10 ha.

$$\begin{aligned}\text{Volume rembesan} &= 2 \text{ mm/hari} \times 0,1157 \text{ lt/dt/ha} \times \\ &\quad \frac{155,1 \text{ ha} (60 \times 60 \times 24) \times 15 \text{ hari}}{1.000 \text{ m}^3} \\ &= 46513,62 \text{ m}^3 \\ &= 0,05 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$

Langkah 6 : perhitungan *water balance*

Berdasarkan kurva lengkung kapasitas waduk, didapat volume tampungan efektif sebesar 10,4 juta m³ pada elevasi +94,23. Diasumsikan volume tampungan sebelumnya (bulan Desember 2009) dalam keadaan penuh, karena pada bulan tersebut musim penghujan sehingga ketersediaan air melimpah.

$$\begin{aligned}\text{Water balance} &= (\text{volume inflow} + \text{volume tampungan sebelumnya}) \\ &\quad - (\text{volume outflow} + \text{volume evaporasi} + \text{volume rembesan}) \\ &= (37,37 + 10,4) - (0 + 0,70 + 0,05) \\ &= 47,02 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$

Langkah 7 : perhitungan *spill out*

$$\begin{aligned}\text{Spill out} &= \text{water balance} - \text{volume tampungan efektif} \\ &= 36,67 \text{ m}^3 - 10,4 \text{ juta m}^3 \\ &= 26,27 \text{ juta m}^3\end{aligned}$$

Nilai *spill out* adalah volume air yang dilimpahkan karena melebihi volume tampungan efektif (10,4 juta m³). Jika nilai volume tampungan kurang dari volume tampungan mati (1,7 juta m³), maka pada periode tersebut disebut gagal memenuhi kebutuhan air irigasi.



c. Hasil simulasi berdasarkan pola tanam eksisting pada tahun 2010 yang dapat dilihat pada Tabel 4.25 sebagai berikut.

Tabel 4.25 Hasil Simulasi Pola Tanam Eksisting Tahun 2010

Bulan	Periode	Debit Inflow (m ³ /dtk)	Volume Inflow (juta m ³)	Debit Outflow (m ³ /dtk)	Volume Outflow (juta m ³)	Evaporasi (mm/hari)	Volume Evaporasi (juta m ³)	Rembesan (mm/hari)	Volume Rembesan (juta m ³)	Water Balance (juta m ³)	Tampungan (juta m ³)	Spillout (juta m ³)	Keterangan
Januari	1	28,84	37,37	0,00	0,00	2,60	0,70	2,00	0,05	47,02	10,40	36,62	berhasil
	2	15,32	19,86	0,73	0,95	2,60	0,70	2,00	0,05	28,57	10,40	18,17	berhasil
Februari	1	10,87	14,09	0,25	0,32	2,75	0,74	2,00	0,05	23,38	10,40	12,98	berhasil
	2	16,53	21,42	0,00	0,00	2,75	0,74	2,00	0,05	31,03	10,40	20,63	berhasil
Maret	1	15,84	20,53	0,00	0,00	2,49	0,67	2,00	0,05	30,22	10,40	19,82	berhasil
	2	14,38	18,64	0,00	0,00	2,49	0,67	2,00	0,05	28,32	10,40	17,92	berhasil
April	1	9,63	12,48	1,27	1,65	2,09	0,56	2,00	0,05	20,62	10,40	10,22	berhasil
	2	16,56	21,47	1,40	1,82	2,09	0,56	2,00	0,05	29,44	10,40	19,04	berhasil
Mei	1	8,93	11,57	0,59	0,76	1,90	0,51	2,00	0,05	20,65	10,40	10,25	berhasil
	2	12,69	16,44	2,07	2,68	1,90	0,51	2,00	0,05	23,61	10,40	13,21	berhasil
Juni	1	8,88	11,51	0,96	1,25	1,76	0,47	2,00	0,05	20,14	10,40	9,74	berhasil
	2	8,83	11,44	1,95	2,53	1,76	0,47	2,00	0,05	18,79	10,40	8,39	berhasil
Juli	1	5,62	7,28	1,05	1,36	1,86	0,50	2,00	0,05	15,77	10,40	5,37	berhasil
	2	7,90	10,24	0,00	0,00	1,86	0,50	2,00	0,05	20,09	10,40	9,69	berhasil
Agustus	1	3,78	4,90	0,34	0,44	2,42	0,65	2,00	0,05	14,16	10,40	3,76	berhasil
	2	4,41	5,71	0,41	0,53	2,42	0,65	2,00	0,05	14,88	10,40	4,48	berhasil
September	1	9,40	12,18	0,81	1,04	3,04	0,82	2,00	0,05	20,67	10,40	10,27	berhasil
	2	6,90	8,94	0,91	1,18	3,04	0,82	2,00	0,05	17,30	10,40	6,90	berhasil
Oktober	1	7,61	9,87	1,12	1,45	3,26	0,88	2,00	0,05	17,90	10,40	7,50	berhasil
	2	13,25	17,18	0,86	1,11	3,26	0,88	2,00	0,05	25,54	10,40	15,14	berhasil
November	1	17,52	22,70	1,29	1,67	2,91	0,78	2,00	0,05	30,60	10,40	20,20	berhasil
	2	10,99	14,24	1,51	1,96	2,91	0,78	2,00	0,05	21,85	10,40	11,45	berhasil
Desember	1	17,67	22,91	0,18	0,23	2,85	0,77	2,00	0,05	32,26	10,40	21,86	berhasil
	2	14,84	19,23	1,18	1,53	2,85	0,77	2,00	0,05	27,28	10,40	16,88	berhasil

Periode dikatakan “berhasil” apabila volume air yang ada di tampungan waduk melebihi tampungan mati (1,7 juta m³) dan dapat memenuhi kebutuhan air irigasi pada periode tersebut. Volume *inflow* yang melebihi tampungan efektif (10,4 juta m³) akan dilimpahkan melalui *spillway* ke aliran sungai.



Kemudian dilakukan evaluasi pada simulasi operasi Waduk Randugunting berdasarkan pola tanam eksisting dari tahun 2010 hingga 2039. Sehingga diperoleh persentase berhasil dan kegagalan tampungan pada waduk untuk setiap kondisi sebagai berikut.

Tabel 4.26 Persentase Periode Terlayani Tahun 2010-2039

Uraian	Nilai
Periode berhasil	719
Periode gagal	1
Persentase berhasil (%)	99,86
Persentase gagal (%)	0,14

Periode berhasil adalah periode dengan kondisi tampungan dapat melayani kebutuhan air irigasi dengan cukup dan masih mengisi tampungan efektif minimal sebesar 1,7 juta m³ (tampungan mati). Sedangkan periode gagal adalah periode dengan kondisi tampungan hanya dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dan air di tampungan dibawah volume tampungan mati. Sehingga persentase berhasil dan gagal didapat dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \% \text{ berhasil} &= \frac{\sum \text{Periode}_{\text{terlayani}}}{\sum \text{Periode}_{\text{total}}} \times 100\% \\ &= \frac{719}{720} \times 100\% \\ &= 99,86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ gagal} &= 1 - \% \text{ berhasil} \\ &= 0,14\% \end{aligned}$$



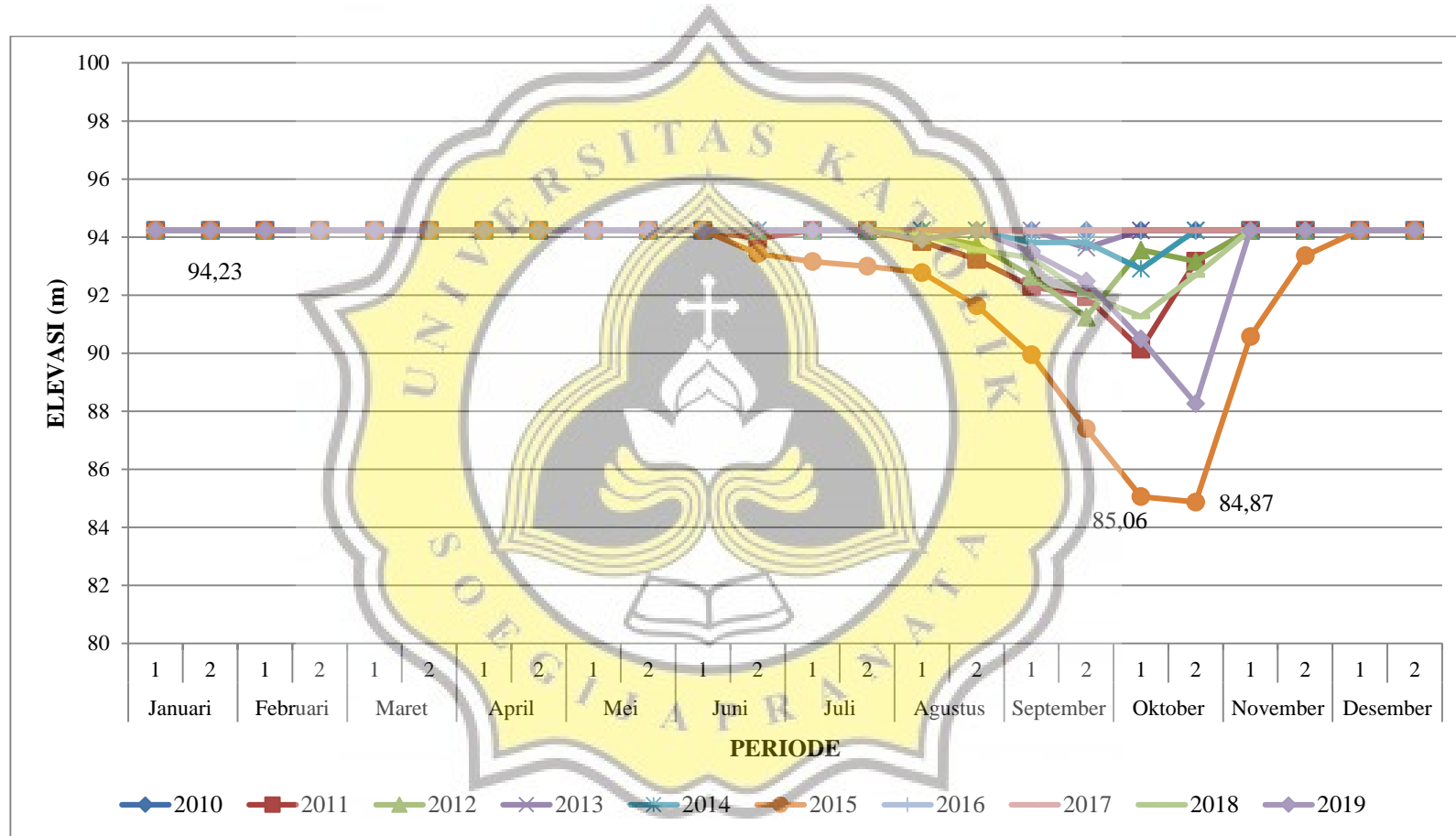
d. Berdasarkan hasil simulasi, didapat elevasi muka air tampungan pada tiap periodenya. Berikut adalah elevasi muka air yang dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Elevasi Muka Air Tampungan Tahun 2010-2019

Bulan	Periode	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
		Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi	Volume	Elevasi
Januari	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Februari	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Maret	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
April	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Mei	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Juni	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,01	93,95	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	9,27	93,43	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Juli	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	8,51	93,16	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	8,65	92,99	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Agustus	1	10,40	94,23	9,86	93,84	10,17	94,06	10,40	94,23	10,40	94,23	7,92	92,78	10,40	94,23	10,40	94,23	10,18	94,07	9,96	93,91
	2	10,40	94,23	8,99	93,23	9,71	93,73	10,40	94,23	10,40	94,23	6,95	91,63	10,40	94,23	10,40	94,23	9,47	93,57	10,40	94,23
September	1	10,40	94,23	7,73	92,30	8,17	92,66	10,40	94,23	9,81	93,81	5,19	89,95	10,40	94,23	10,35	94,19	9,06	93,28	9,34	93,48
	2	10,40	94,23	7,35	91,95	6,45	91,24	9,56	93,63	9,82	93,82	3,23	87,41	10,40	94,23	10,40	94,23	7,43	92,02	7,80	92,48
Oktober	1	10,40	94,23	5,38	90,14	9,46	93,56	10,40	94,23	8,52	92,90	1,87	85,06	10,40	94,23	10,40	94,23	6,48	91,26	5,72	90,49
	2	10,40	94,23	8,90	93,17	8,90	93,17	10,40	94,23	10,40	94,23	0,05	84,87	10,40	94,23	10,40	94,23	8,12	92,68	3,89	88,27
November	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	5,80	90,57	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	9,17	93,36	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
Desember	1	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23
	2	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23	10,40	94,23



Berdasarkan Tabel 4.27, berikut adalah grafik elevasi muka air untuk volume tampungan efektif dari tahun 2010 - 2019.



Gambar 4.15 Grafik Elevasi Muka Air di Volume Tampungan Efektif



4.5.3 Optimalisasi Waduk Randugunting

Berdasarkan Tabel 4.26 diperoleh persentase periode yang berhasil sebesar 99,86% dari tahun 2010 – 2039 (30 tahun), sehingga perlu dilakukan optimalisasi pada Waduk Randugunting.

Adapun cara optimalisasi pola operasi Waduk Randugunting yaitu dengan menggeser awal masa tanam tanpa mengubah pola tanamnya. Berikut kebutuhan air irigasi untuk awal masa tanam alternatif.

a. Perhitungan kebutuhan air irigasi untuk awal masa tanam alternatif

Terdapat 23 alternatif dengan menggeser awal masa tanam selama 1 periode atau 15 hari.

Tabel 4.28 Rekap Kebutuhan Air Irigasi Awal Masa Tanam Alternatif

Bulan	Periode	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /dt)							
		Des-01	Des-02	Jan-01	Jan-02	Feb-01	Feb-02	Mar-01	Mar-02
Januari	1	0	1,51	0,00	1,07	1,07	0,22	0,41	0,29
	2	0,73	0,53	0,77	0	1,02	1,02	0,16	0,35
Februari	1	0,25	1,47	0,33	1,31	0,37	1,36	1,36	0,55
	2	0	0,45	1,61	0,67	1,65	0,71	1,58	1,58
Maret	1	0	0	0,08	1,09	0,15	1,12	0,18	1,26
	2	0	0	1,08	0,81	1,82	0,88	1,86	0,92
April	1	1,27	0	0	0	0,06	1,06	0,12	1,09
	2	1,40	1,54	0	0	0,64	0,26	1,26	0,32
Mei	1	0,59	1,56	1,57	0	0	0	0,51	1,50
	2	2,07	0,57	1,92	1,92	0	0	1,47	1,04
Juni	1	0,96	1,51	0,99	1,84	1,84	0	0	0,44
	2	1,95	0,54	1,98	1,04	1,88	1,88	0	0
Juli	1	1,05	1,48	1,11	2,07	1,13	1,93	1,93	0
	2	0,53	0,49	2,02	1,08	2,05	1,11	1,91	1,91
Agustus	1	0,34	0	1,22	2,23	1,29	2,26	1,33	2,01
	2	0,41	0	0,57	1,22	2,23	1,29	2,27	1,33
September	1	0,81	0,13	0,98	0,54	1,36	2,38	1,44	2,43
	2	0,91	0,45	1,08	1,00	0,57	1,39	2,42	1,48
Oktober	1	1,12	0,52	1,46	1,12	1,03	0	1,45	2,49
	2	0,86	0,66	1,52	1,44	1,09	1,01	0,53	1,42
November	1	1,29	0,16	0,37	0,24	0,51	0,20	0,13	0
	2	1,51	1,48	0,50	0,71	0,83	0,75	0,45	0,37
Desember	1	0,18	1,48	1,23	0,05	0,62	0,50	0,43	0,13
	2	1,18	0,57	1,27	1,27	0,47	0,67	0,55	0,48



Tabel 4.28 Rekap Kebutuhan Air Irigasi Awal Masa Tanam Alternatif
 (lanjutan)

Bulan	Periode	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /dt)							
		Apr-01	Apr-02	Mei-01	Mei-02	Jun-01	Jun-02	Jul-01	Jul-02
Januari	1	0,23	0	0	0	0	0,81	0	0,85
	2	0,23	0,17	0	0	0	0	0,73	0
Februari	1	0,75	0,63	0,56	0,27	0,20	0	0,25	1,27
	2	0,80	0,99	0,88	0,81	0,52	0,45	0	0,59
Maret	1	1,26	0,41	0,59	0,48	0,42	0,16	0,09	0
	2	1,74	1,74	0,93	1,11	1,00	0,94	0,68	0,61
April	1	0,15	1,27	1,27	0,36	0,51	0,42	0,37	0,15
	2	1,29	0,35	1,40	1,40	0,51	0,66	0,57	0,52
Mei	1	0,56	1,53	0,59	1,57	1,57	0,67	0,81	0,73
	2	2,04	1,10	2,07	1,13	1,92	1,92	1,06	1,19
Juni	1	0,91	1,90	0,96	1,93	0,99	1,84	1,84	0,95
	2	1,43	0,96	1,95	1,01	1,98	1,04	1,88	1,88
Juli	1	0	0,55	1,05	2,05	1,11	2,07	1,13	1,93
	2	0	0	1,47	1,03	2,02	1,08	2,05	1,11
Agustus	1	2,01	0	0	0,57	1,22	2,23	1,29	2,26
	2	2,01	2,01	0	0	1,51	1,22	2,23	1,29
September	1	1,49	2,06	2,06	0	0	0,53	1,36	2,38
	2	2,46	1,52	2,08	2,08	0	0	1,51	1,39
Oktober	1	1,55	2,53	1,59	2,11	2,11	0	0	0,57
	2	2,45	1,51	2,50	1,56	2,09	2,09	0	0
November	1	0,16	1,18	0,24	1,22	0,28	1,29	1,29	0
	2	0	0,50	1,52	0,58	1,57	0,63	1,51	1,51
Desember	1	0,06	0	0,05	1,07	0,13	1,11	0,18	1,23
	2	0,18	0,10	0	0,12	1,14	0,20	1,18	0,24

Bulan	Periode	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /dt)							
		Sep-01	Sep-02	Okt-01	Okt-02	Nov-01	Nov-02	Ag-01	Ag-02
Januari	1	1,07	0	0,00	0,00	0,00	0,81	0	1,07
	2	1,02	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0
Februari	1	0,37	1,36	1,36	0,00	0,00	0,00	0,33	1,31
	2	1,65	0,71	1,58	1,58	0,00	0,00	1,61	0,67
Maret	1	0,15	1,12	0,18	1,26	1,26	0,00	0,08	1,09
	2	1,82	0,88	1,86	0,92	1,74	1,74	0,14	0,81
April	1	0,06	1,06	0,12	1,09	0,15	1,27	0,10	0
	2	0	0,26	1,26	0,32	1,29	0,35	0,30	0,25
Mei	1	0,43	0	0,51	1,50	0,56	1,53	0,68	0,48
	2	0,86	0,81	0,53	1,04	2,04	1,10	1,11	1,06
Juni	1	0,96	0,77	0,73	0,44	0,91	1,90	1,08	1,00
	2	1,04	0,99	0,81	0,76	0,49	0,96	0,99	1,11
Juli	1	1,19	1,11	1,06	0,87	0,82	0,55	1,93	1,06
	2	1,04	1,17	1,09	1,05	0,85	0,80	1,91	1,91
Agustus	1	2,01	1,22	1,39	1,29	1,23	0,97	1,33	2,01
	2	2,01	2,01	1,22	1,40	1,29	1,23	2,27	1,33
September	1	1,49	2,06	2,06	1,37	1,58	1,45	1,44	2,43
	2	2,46	1,52	2,08	2,08	1,39	1,61	2,42	1,48
Oktober	1	1,55	2,53	1,59	2,11	2,11	1,45	1,45	2,49
	2	2,45	1,51	2,50	1,56	2,09	2,09	1,47	1,42
November	1	0,16	1,18	0,24	1,22	0,28	1,29	0	0
	2	0,66	0,50	1,52	0,58	1,57	0,63	0	0
Desember	1	0	0	0,05	1,07	0,13	1,11	1,23	0
	2	0	0	0,29	0,12	1,14	0,20	1,27	1,27



- b. Hasil simulasi berdasarkan awal masa tanam dimulai pada bulan Desember periode 2 tahun 2010 yang dapat dilihat pada Tabel 4.29 sebagai berikut.

Tabel 4.29 Hasil Simulasi Awal Masa Tanam Pertama

Bulan	Periode	Debit Inflow (m3/dtk)	Volume Inflow (juta m3)	Debit Outflow (m3/dtk)	Volume Outflow (juta m3)	Evaporasi (mm/hari)	Volume Evaporasi (juta m3)	Rembesan (mm/hari)	Volume Rembesan (juta m3)	Water Balance (juta m3)	Tampungan (juta m3)	Spillout (juta m3)	Keterangan
Januari	1	28,84	37,37	1,51	1,96	2,60	0,70	2,00	0,05	45,07	10,40	34,67	berhasil
	2	15,32	19,86	0,53	0,69	2,60	0,70	2,00	0,05	28,82	10,40	18,42	berhasil
Februari	1	10,87	14,09	1,47	1,91	2,75	0,74	2,00	0,05	21,80	10,40	11,40	berhasil
	2	16,53	21,42	0,45	0,59	2,75	0,74	2,00	0,05	30,45	10,40	20,05	berhasil
Maret	1	15,84	20,53	0,00	0,00	2,49	0,67	2,00	0,05	30,22	10,40	19,82	berhasil
	2	14,38	18,64	0,00	0,00	2,49	0,67	2,00	0,05	28,32	10,40	17,92	berhasil
April	1	9,63	12,48	0,00	0,00	2,09	0,56	2,00	0,05	22,27	10,40	11,87	berhasil
	2	16,56	21,47	1,54	2,00	2,09	0,56	2,00	0,05	29,26	10,40	18,86	berhasil
Mei	1	8,93	11,57	1,56	2,02	1,90	0,51	2,00	0,05	19,39	10,40	8,99	berhasil
	2	12,69	16,44	0,57	0,74	1,90	0,51	2,00	0,05	25,55	10,40	15,15	berhasil
Juni	1	8,88	11,51	1,51	1,96	1,76	0,47	2,00	0,05	19,44	10,40	9,04	berhasil
	2	8,83	11,44	0,54	0,71	1,76	0,47	2,00	0,05	20,62	10,40	10,22	berhasil
Juli	1	5,62	7,28	1,48	1,92	1,86	0,50	2,00	0,05	15,21	10,40	4,81	berhasil
	2	7,90	10,24	0,49	0,64	1,86	0,50	2,00	0,05	19,45	10,40	9,05	berhasil
Agustus	1	3,78	4,90	0,00	0,00	2,42	0,65	2,00	0,05	14,60	10,40	4,20	berhasil
	2	4,41	5,71	0,00	0,00	2,42	0,65	2,00	0,05	15,41	10,40	5,01	berhasil
September	1	9,40	12,18	0,13	0,17	3,04	0,82	2,00	0,05	21,55	10,40	11,15	berhasil
	2	6,90	8,94	0,45	0,58	3,04	0,82	2,00	0,05	17,89	10,40	7,49	berhasil
Oktober	1	7,61	9,87	0,52	0,68	3,26	0,88	2,00	0,05	18,66	10,40	8,26	berhasil
	2	13,25	17,18	0,66	0,86	3,26	0,88	2,00	0,05	25,79	10,40	15,39	berhasil
November	1	17,52	22,70	0,16	0,21	2,91	0,78	2,00	0,05	32,07	10,40	21,67	berhasil
	2	10,99	14,24	1,48	1,91	2,91	0,78	2,00	0,05	21,90	10,40	11,50	berhasil
Desember	1	17,67	22,91	1,48	1,92	2,85	0,77	2,00	0,05	30,57	10,40	20,17	berhasil
	2	14,84	19,23	0,57	0,74	2,85	0,77	2,00	0,05	28,08	10,40	17,68	berhasil

Periode dikatakan “berhasil” apabila volume air yang ada di tampungan waduk melebihi tampungan mati (1,7 juta m³) dan dapat memenuhi kebutuhan air irigasi pada periode tersebut. Volume *inflow* yang melebihi tampungan efektif (10,4 juta m³) akan dilimpahkan melalui *spillway* ke aliran sungai.



Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada masa tanam alternatif untuk 30 tahun yang akan datang yaitu 2010 – 2039, sehingga diperoleh persentase keberhasilan dan kegagalan tampungan pada waduk untuk setiap kondisi sebagai berikut.

Tabel 4.30 Persentase Periode Terlayani Tahun 2010-2039

Kondisi Tampungan	Awal Masa Tanam							
	Des-01	Des-02	Jan-01	Jan-02	Feb-01	Feb-02	Mar-01	Mar-02
Periode berhasil	719	720	715	714	711	705	701	702
Periode gagal	1	0	5	6	9	15	19	18
Prosentase sukses (%)	99,86	100,00	99,31	99,17	98,75	97,92	97,36	97,50
Prosentase gagal (%)	0,14	0,00	0,69	0,83	1,25	2,08	2,64	2,50

Kondisi Tampungan	Awal Masa Tanam							
	Apr-01	Apr-02	Mei-01	Mei-02	Jun-01	Jun-02	Jul-01	Jul-02
Periode berhasil	706	711	716	717	718	716	713	713
Periode gagal	14	9	4	3	2	4	7	7
Prosentase sukses (%)	98,06	98,75	99,44	99,58	99,72	99,44	99,03	99,03
Prosentase gagal (%)	1,94	1,25	0,56	0,42	0,28	0,56	0,97	0,97

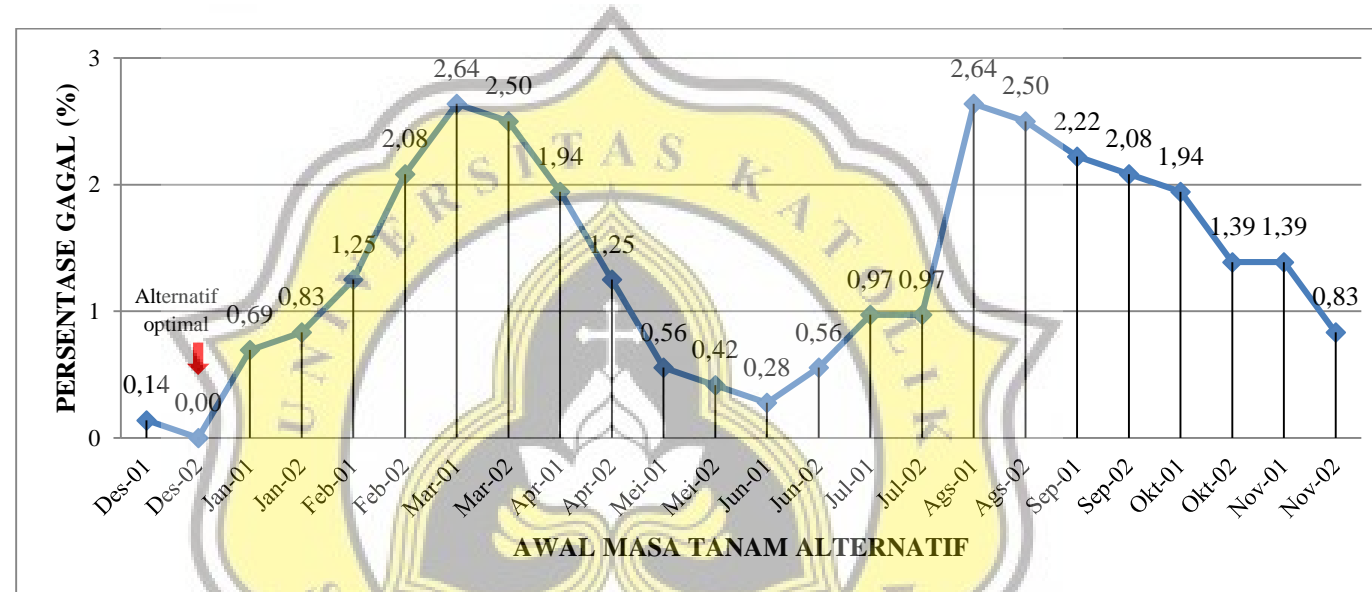
Kondisi Tampungan	Awal Masa Tanam							
	Ags-01	Ags-02	Sep-01	Sep-02	Okt-01	Okt-02	Nov-01	Nov-02
Periode berhasil	701	702	704	705	706	710	710	714
Periode gagal	19	18	16	15	14	10	10	6
Prosentase sukses (%)	97,36	97,50	97,78	97,92	98,06	98,61	98,61	99,17
Prosentase gagal (%)	2,64	2,50	2,22	2,08	1,94	1,39	1,39	0,83

Periode berhasil adalah periode dengan kondisi tampungan dapat melayani kebutuhan air irigasi dengan cukup dan masih mengisi tampungan efektif minimal sebesar 1,7 juta m³ (tampungan mati). Sedangkan periode gagal adalah periode dengan kondisi tampungan hanya dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dan air di tampungan dibawah volume tampungan mati. Sehingga persentase berhasil dan gagal didapat dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \% \text{ berhasil} &= \frac{\sum \text{Periode}_{\text{terlayani}}}{\sum \text{Periode}_{\text{total}}} \times 100\% \\
 &= \frac{720}{720} \times 100\% \\
 &= 100\% \\
 \% \text{ gagal} &= 1 - \% \text{ berhasil} \\
 &= 1 - 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$



Berikut adalah grafik persentase kegagalan dari masa tanam alternatif yang dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.16 Grafik Persentase Kegagal Alternatif Awal Masa Tanam

Alternatif masa tanam paling optimal terjadi pada awal masa tanam bulan Desember periode 2 dengan persentase kegagalan 0%. Hal ini karena pada saat masa tanam eksisting terjadi gagal pada bulan Oktober periode 2 tahun 2015 dapat dipenuhi. Sedangkan alternatif masa tanam paling gagal terjadi pada awal masa tanam bulan Maret periode 1 sebesar 2,64% karena terjadi kekurangan air saat masa tanam kedua padi yang jatuh pada bulan Agustus hingga Oktober, dimana tiga bulan tersebut merupakan musim kemarau. Selain bulan Maret, pada bulan Agustus yaitu sebesar 2,64% gagal karena pada bulan tersebut merupakan musim kemarau dan kebutuhan air untuk padi banyak.



c. Optimalisasi awal masa tanam pertama (Desember periode 2)

Berdasarkan hasil simulasi 23 alternatif awal masa tanam, yaitu dengan menggeser awal masa tanam, pada awal masa tanam Desember-02 didapat persentase keberhasilan 100%. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi dengan menambah luas daerah irigasi. Berikut dapat dilihat rekapitulasi kebutuhan air irigasi dengan perubahan luas daerah irigasi.

Tabel 4.31 Kebutuhan Air Irigasi (Optimalisasi)

Luas DI ha	Kebutuhan Air (juta m3)											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1595	1,96	0,69	1,91	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	1,96	0,71
1800	2,21	0,78	2,15	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	2,21	0,80
2000	2,45	0,87	2,39	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	2,45	0,88
2200	2,70	0,95	2,63	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	2,70	0,97
2400	2,94	1,04	2,87	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	2,94	1,06
2600	3,19	1,12	3,11	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	3,19	1,15
2800	3,43	1,21	3,34	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	3,43	1,24
3000	3,68	1,30	3,58	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	3,68	1,33
3200	3,92	1,38	3,82	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	3,92	1,42
3400	4,17	1,47	4,06	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57	4,17	1,50
3600	4,42	1,56	4,30	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	4,42	1,59
3800	4,66	1,64	4,54	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76	4,66	1,68
4000	4,91	1,73	4,78	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	4,91	1,77
4200	5,15	1,82	5,02	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	5,15	1,86
4400	5,40	1,90	5,26	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	5,40	1,95
4600	5,64	1,99	5,50	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	5,64	2,04
4800	5,89	2,08	5,73	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	5,89	2,12
5000	6,13	2,16	5,97	1,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,31	6,13	2,21

Luas DI ha	Kebutuhan Air (juta m3)											
	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1595	1,92	0,64	0,00	0,00	0,17	0,58	0,68	0,86	0,21	0,00	0,00	0,74
1800	2,17	0,72	0,00	0,00	0,19	0,66	0,77	0,97	0,23	0,00	0,00	0,83
2000	2,41	0,80	0,00	0,00	0,21	0,73	0,85	1,08	0,26	0,00	0,00	0,93
2200	2,65	0,88	0,00	0,00	0,23	0,80	0,94	1,18	0,29	0,00	0,00	1,02
2400	2,89	0,96	0,00	0,00	0,25	0,87	1,02	1,29	0,31	0,00	0,00	1,11
2600	3,13	1,04	0,00	0,00	0,27	0,95	1,11	1,40	0,34	0,00	0,00	1,20
2800	3,37	1,12	0,00	0,00	0,29	1,02	1,19	1,51	0,36	0,00	0,00	1,30
3000	3,61	1,19	0,00	0,00	0,31	1,09	1,28	1,61	0,39	0,00	0,00	1,39
3200	3,86	1,27	0,00	0,00	0,33	1,17	1,36	1,72	0,41	0,00	0,00	1,48
3400	4,10	1,35	0,00	0,00	0,35	1,24	1,45	1,83	0,44	0,00	0,00	1,57
3600	4,34	1,43	0,00	0,00	0,38	1,31	1,53	1,94	0,47	0,00	0,00	1,67
3800	4,58	1,51	0,00	0,00	0,40	1,38	1,62	2,05	0,49	0,00	0,00	1,76
4000	4,82	1,59	0,00	0,00	0,42	1,46	1,70	2,15	0,52	0,00	0,00	1,85
4200	5,06	1,67	0,00	0,00	0,44	1,53	1,79	2,26	0,54	0,00	0,00	1,94
4400	5,30	1,75	0,00	0,00	0,46	1,60	1,87	2,37	0,57	0,00	0,00	2,04
4600	5,54	1,83	0,00	0,00	0,48	1,68	1,96	2,48	0,60	0,00	0,00	2,13
4800	5,78	1,91	0,00	0,00	0,50	1,75	2,04	2,58	0,62	0,00	0,00	2,22
5000	6,02	1,99	0,00	0,00	0,52	1,82	2,13	2,69	0,65	0,00	0,00	2,31



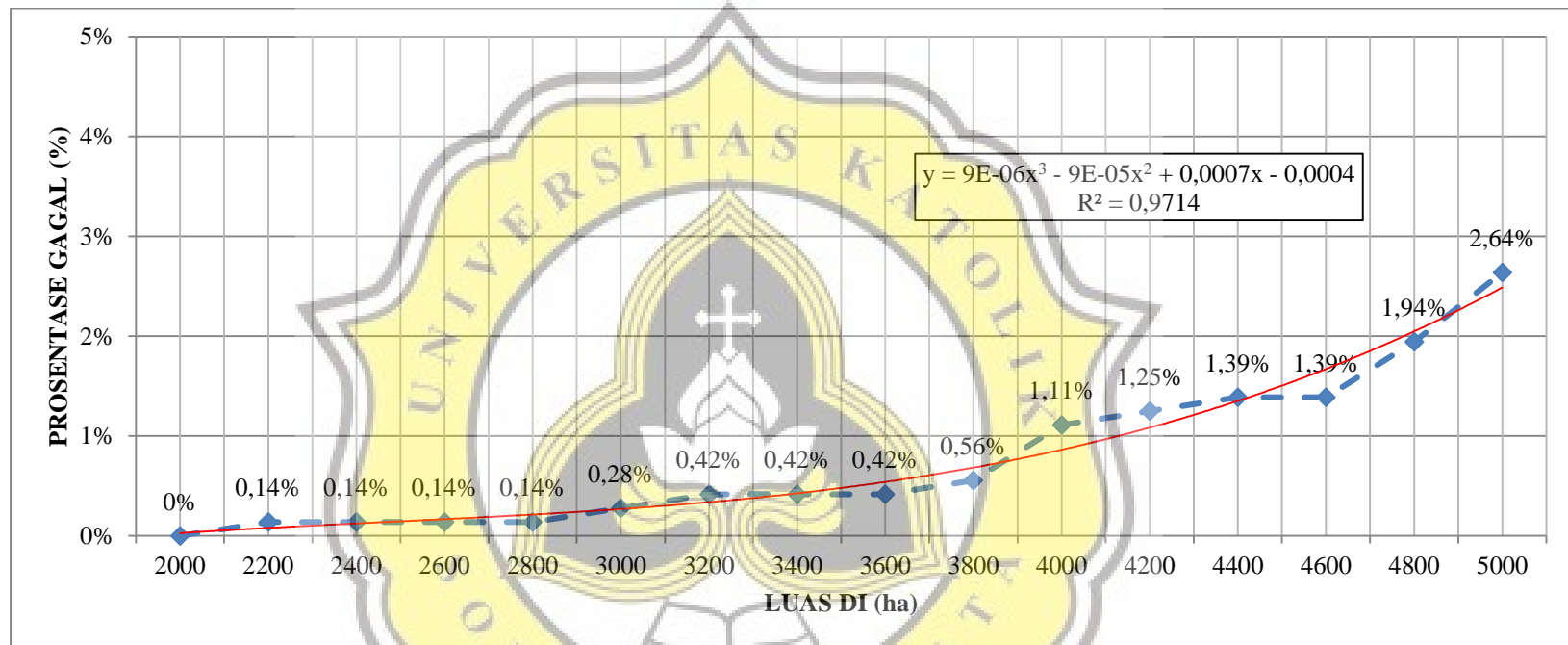
Berikut adalah hasil persentase keberhasilan jika dilakukan penambahan luas DI Kedungsapen.

Tabel 4.32 Persentase Optimalisasi Awal Masa Tanam Pertama (Desember-02)

Luas DI (ha)	Periode Terlayani	Periode Berhasil	Periode Gagal	Prosentase Berhasil	Prosentase Gagal
1595	720	720	0	100%	0%
1800	720	720	0	100%	0%
2000	720	720	0	100%	0%
2200	720	719	1	99,86%	0,14%
2400	720	719	1	99,86%	0,14%
2600	720	719	1	99,86%	0,14%
2800	720	719	1	99,86%	0,14%
3000	720	718	2	99,72%	0,28%
3200	720	717	3	99,58%	0,42%
3400	720	717	3	99,58%	0,42%
3600	720	717	3	99,58%	0,42%
3800	720	716	4	99,44%	0,56%
4000	720	712	8	98,89%	1,11%
4200	720	711	9	98,75%	1,25%
4400	720	710	10	98,61%	1,39%
4600	720	710	10	98,61%	1,39%
4800	720	706	14	98,06%	1,94%
5000	720	701	19	97,36%	2,64%



Berikut adalah grafik persentase gagal yang dilakukan pada alternatif awal masa tanam pertama (Desember-02)



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Persentase Gagal Awal Masa Tanam Pertama (Desember-02) dan Luas DI

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui persentase kegagalan apabila dilakukan penambahan luas pada Daerah Irigasi Kedungsapen dengan interval 200 ha. Hingga luas 2.000 ha, masa tanam Desember periode 2 tetap menunjukkan persentase kegagalan 0%, kemudian berangsur-angsur persentase kegagalan naik hingga pada luas DI mencapai 5.000 ha persentase kegagalan mencapai 3,96%.