

SIMULASI PREDIKSI POLA TATA TANAM DI DAS TIRTOMOYO BERDASARKAN NERACA AIR

Ferry Dirgantoro Nov Wicaksono¹⁾, Suyanto²⁾, Siti Qomariyah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail :ferrydnw@gmail.com

Abstract

Sub District of Tirtomoyo has a variety of potential lands particularly in farming area. The most dominant land use in this area is dry field, about 10,783 Ha (47%). Meanwhile the land use for forest is only 106 Ha (1%), the majority area of which has > 25% declivity. Nearly majority area of Wonogiri has lime type of soil on which many teak woods grow, whereas this type of soil coupled with teak wood cannot absorb water well.

This research aimed to find out the calculation of planting pattern prediction simulation in Tirtomoyo River Catchment Area (DAS) based on water balance with Thornthwaite method. This method enabled to find out when the water was surplus and when it was deficit. Then, this study could be applied to the development of planting pattern prediction in Tirtomoyo River Flow Area and simulated with other DAS surrounding.

This study employed a descriptive quantitative research method; the data used in this research was secondary one obtained from related source or institutions.

The result of research and discussion showed that in the simulated planting pattern the surplus of 13.00 m³/s was obtained in January with water requirement of 5.32m³/s and water availability of 18.26 m³/s. Meanwhile in the existing (government) planting pattern, deficit of -149.20 m³/s was obtained in November with water need of 7.17 m³/s and water availability of -142.03 m³/s. Comparing the calculation of existing government water balance and that of simulated water balance indicated that the simulated water balance was the best.

Corresponding to planting pattern chart, in February there was so abundant water availability that was appropriate to be used for planting rice and in October for palawija (crops planted as second crop in dry season). Meanwhile, in the chart of existing (government) planting pattern by planting calendar, the rice planting was conducted in November while that month was less appropriate to plant rice because of inadequate water availability. The palawija planting was conducted on March, while in that month the water availability was so abundant. The more the planting width, the more was the planting water requirement.

Keywords: Tirtomoyo River, Water Balance, Simulation for Prediction of Planting Pattern

Abstrak

Kecamatan Tirtomoyo ini memiliki berbagai macam lahan potensial khususnya dalam bidang pertanian. Penggunaan lahan yang paling dominan di daerah ini adalah tegalan, yaitu seluas 10.783 Ha (47%). Sedangkan penggunaan lahan untuk hutan hanya 106 Ha (1%) yang mayoritas daerahnya memiliki kemiringan sebesar > 25 %. Hampir di sebagian besar wilayah Wonogiri memiliki tanah dengan jenis kapur dan banyak ditumbuhi pohon jati, padahal tanah dengan jenis ini beserta pohon jati tidak dapat menyerap air dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan simulasi prediksi pola tanam di DAS Tirtomoyo berdasarkan neraca air yaitu dengan Metode *Thornthwaite*. Dengan metode ini akan diketahui kapan adanya kelebihan air (surplus) dan kekurangan air (defisit). Setelah diketahui, penelitian ini bisa diaplikasikan untuk dibuat prediksi pola tanam di DAS Tirtomoyo dan disimulasikan dengan DAS-DAS lain di sekitarnya.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif, dengan teknik pengumpulan data dari sumber atau instansi terkait sehingga penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder.

Hasil analisis dan pembahasan menunjukkan bahwa pada pola tanam simulasi didapat surplus sebesar 13,00 m³/dt pada bulan Januari dengan kebutuhan air sebesar 5,32 m³/dt dan ketersediaan air sebesar 18,26 m³/dt. Sedangkan pada pola tanam eksisting (pemerintah) didapat defisit sebesar -149,20 m³/dt pada bulan November dengan kebutuhan air sebesar 7,17 m³/dt dan ketersediaan air sebesar -142,03 m³/dt. Jika membandingkan antara perhitungan neraca air eksisting pemerintah dengan neraca air simulasi, neraca air simulasi adalah yang paling baik.

Sesuai dengan grafik pola tanam, pada bulan Februari terdapat ketersediaan air yang melimpah sehingga cocok digunakan untuk penanaman padi dan bulan Oktober digunakan untuk penanaman palawija. Sedangkan pada grafik pola tanam eksisting (pemerintah) menurut kalender tanam, penanaman padi dilakukan pada bulan November padahal pada bulan tersebut kurang cocok untuk penanaman padi karena kurangnya ketersediaan air. Untuk penanaman palawija dilaksanakan pada bulan Maret karena pada bulan tersebut ketersediaan air sangat melimpah. Semakin besar luasan tanam, semakin banyak pula kebutuhan air tanamnya.

Kata kunci: Sungai Tirtomoyo, Neraca Air, Simulasi Pola Tata Tanam

PENDAHULUAN

Air merupakan bagian terbesar dari jaringan tumbuhan. Tersedianya air pada suatu lahan akan menentukan cocok tidaknya suatu daerah untuk pertanian suatu jenis tanaman. Air yang dibutuhkan tanaman harus dalam jumlah optimum yaitu tidak boleh lebih ataupun kurang. Untuk mencapai tujuan tersebut maka informasi mengenai status air pada suatu lahan pertanian yang akan ditanami sangat diperlukan. Curah hujan, evapotranspirasi, dan sifat fisik tanah, melalui analisis air lahan akan menentukan periode surplus dan defisit air tanah.

Besarnya curah hujan sangat mempengaruhi jumlah debit air yang mengalir pada suatu sungai. Pada saat musim hujan jumlah ketersediaan air melimpah sedangkan pada saat musim kemarau jumlah ketersediaan air kurang atau bahkan

menyebabkan kekeringan. Hal ini membuktikan bahwa jumlah ketersediaan air di suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) tidak seimbang. Kebutuhan air akan terpenuhi apabila ketersediaan air tercukupi, maka untuk menjaga keseimbangan ketersediaan air di suatu DAS diperlukan adanya pola pengaturan terhadap pola pemanfaatan sumber daya air. Yaitu untuk mengetahui pola tanam yang tepat pada waktu penanaman padi dan palawija di DAS Tirtomoyo. Dengan menghitung ketersediaan air dengan metode *Thornthwaite* dan kebutuhan air tanamannya, serta membandingkan pola tanam rencana dengan pola tanam pemerintah yang paling cocok untuk verifikasi pada sekitar DAS Tirtomoyo.

Penelitian ini menganalisis tentang ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tirtomoyo yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tirtomoyo pada Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri dengan menggunakan Metode *Thornthwaite* untuk menentukan neraca air saat kelebihan air (surplus) dan saat kekurangan air (defisit) serta pola tanam dan periode tanam pada saat awal tanam dengan membandingkan antara pola tanam prediksi dengan pola tanam pemerintah, lalu membuat simulasi pola tanam dengan sungai

Analisis permasalahan dirumuskan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana menghitung ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tirtomoyo dengan menggunakan Metode *Thornthwaite*?
- 2) Berapa kebutuhan air sesuai pola tanam yang ada (hitungan) dengan pola tanam rencana (Pemerintah)?
- 3) Berapa neraca air sesuai pola tanam yang ada (hitungan) dan neraca air kondisi rencana (pemerintah)?
- 4) Bagaimana penerapan simulasi pola tanam jika dihubungkan dengan DAS di sekitarnya?

METODE

• Data

Dalam setiap penelitian, data merupakan masukan terpenting untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Ada dua macam data yang biasa digunakan dalam penelitian, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui pengamatan langsung, observasi lapangan maupun wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh melalui survei instansional.

Namun, dalam tugas akhir ini peneliti hanya mendapatkan data dari sumber atau instansi terkait sehingga dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder tersebut terdiri dari data pencatatan curah hujan dari tahun 1999-2012 dan data debit tahun 1999-2012 yang diperoleh dari Dinas Perusahaan Umum (DPU) Kabupaten Wonogiri.

• Uji Pangkah

Data yang diperoleh dari alat pencatat bisa jadi tidak pangkah karena alat pernah rusak, alat pernah pindah tempat, lokasi alat terganggu, atau terdapat data tidak sah. Hal-hal tersebut membuat data harus di uji terlebih dahulu kepangkahannya. Untuk menguji kepangkahannya, dapat dilakukan dengan kurva massa ganda (*double mass curve*), yang pada dasarnya membandingkan curah hujan tahunan kumulatif dari stasiun yang diteliti dengan kumulatif curah hujan tahunan dari stasiun dasar yang bersesuaian. Apabila terjadi garis lurus, berarti data yang ada bersifat pangkah, sebaliknya jika terjadi penyimpangan menunjukkan terjadinya pencatatan yang tidak konsisten. Penyimpangan yang terjadi harus diluruskan sesuai dengan besar sudut penyimpangan. Selain itu juga bisa menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) dapat dinyatakan pangkah apabila nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ lebih kecil dari nilai kritik. Untuk stasiun hujan lebih dari 3, dilakukan uji konsistensi menggunakan cara *double mass curve* dan untuk individual stasiun (*stand alone station*) dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).

• Hujan Wilayah

Hujan wilayah dihitung menggunakan metode Poligon *Thiessen*. Data curah hujan yang digunakan berupa data hujan harian yang diubah menjadi data hujan bulanan selama 14 tahun dari tahun 1999 – 2012 dengan menggunakan tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Balong, Stasiun Tirtomoyo, dan Stasiun Ngancar.

Metode Poligon *Thiessen* digunakan untuk menghitung hujan wilayah dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Poligon didapat dengan cara menarik garis hubung antara masing-masing stasiun, sehingga membentuk segitiga. Kemudian menarik garis-garis sumbu masing-masing segitiga.

• Metode *Thornthwaite*

Data yang dibutuhkan adalah data klimatologi wilayah Wonogiri. Pada penelitian ini menggunakan stasiun klimatologi DAS Wonogiri yang terletak antara 07° 52' LS dan 110° 55' BT, dengan elevasi : +104 m dpl. Data tersebut terdiri dari Data Suhu Udara (°C), Data Kelembaban Udara Relatif (%), Data Kecepatan Angin (m/dt), dan Data Penyinaran Matahari (%) yang terukur selama kurun waktu 14 tahun terakhir yaitu dari tahun 1999-2012. Namun, pada metode *Thornthwaite* hanya menggunakan Data Suhu Udara (°C) saja.

Langkah-langkah perhitungan :

1. Hitung suhu udara bulanan rata-rata berdasarkan data klimatologi daerah yang diteliti.
2. Hitung Evapotranspirasi dengan Metode *Thornthwaite* (PE)

Evapotranspirasi potensial (PE) adalah kemampuan total udara untuk melakukan penguapan saat persediaan kelembaban untuk vegetasi tidak terbatas (Illaco, 1981). Evapotranspirasi potensial untuk tiap bulannya dihitung dengan metode Thornthwaite. Dengan persamaan dibawah ini :

$$i = \left(\frac{T}{S}\right)^{1.154} \dots\dots\dots [1]$$

$$I = \sum_1^{12} i \dots\dots\dots [2]$$

$$a = (0,675 \cdot 10^6 \cdot I^3)(0,77 \cdot 10^4 \cdot I^2) + 0,01792 \cdot I + 0,49239 \dots\dots\dots [3]$$

$$Pex = 16 \left[\frac{10T}{I}\right]^a \dots\dots\dots [4]$$

Dengan :

- Pex = Evapotranspirasi potensial belum terkoreksi (mm/bulan),
- T = Suhu udara ($^{\circ}C$), I = Jumlah indeks panas dalam setahun,
- i = Indeks panas, a = Indeks panas.

Untuk evapotranspirasi potensial terkoreksi dikalikan dengan faktor koreksi yang biasa dilihat dibawah ini.

$$PE = f \cdot Pex \dots\dots\dots [5]$$

Dengan :

- f = Faktor koreksi (dilihat pada tabel koreksi lintang dan waktu),
- PE = Evapotranspirasi potensial bulanan (mm/bulan).

3. Hitung selisih hujan (P) dengan evapotranspirasi (PE) tiap bulan.

4. Hitung "Accumulated Potential Water Losses" (APWL)

5. Hitung "Water Holding Capacity" .

6. Hitung Soil Moisture Storage (Kelengasan Tanah) (St)

Untuk menghitung kelengasan tanah, nilai ini didapatkan dengan memperhitungkan bulan basah dan bulan kering.

- Pada bulan-bulan basah ($P > PE$), nilai St untuk tiap bulannya sama dengan WHC.
- Pada bulan-bulan kering ($P < PE$), nilai St untuk tiap bulannya dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$St = Sto \cdot e^{-\left(\frac{APWL}{Sto}\right)} \dots\dots\dots [6]$$

Dengan :

- St = Kelengasan tanah (mm), e = Bilangan navier ($e = 2,718$),
- Sto = Kelengasan tanah pada kapasitas lapang (mm), APWL = Akumulasi hilangnya air potensial (mm).

7. Hitung Perubahan Kelengasan Tanah

8. Hitung evapotranspirasi aktual

Nilai ini didapat dengan memperhitungkan bulan basah dan bulan kering.

Dengan :

- Untuk bulan basah ($P > E$), maka $AE = PE$
- Untuk bulan kering ($P < E$), maka $AE = P + |-\Delta St|$

9. Hitung surplus air (S)

Bila $P > PE$, maka $S = (P - PE) - \Delta St$.

10. Hitung defisit (D),

$$D = PE - AE \dots\dots\dots [7]$$

Dengan :

- D = Defisit,
- PE = Evapotranspirasi Potensial,
- AE = Evapotranspirasi Aktual.

• **Kebutuhan Air Irigasi**

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air dan kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah, ditambah dengan kehilangan air pada jaringan irigasi.

Kebutuhan air irigasi di sawah yaitu besarnya satuan kebutuhan air yang disediakan untuk tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Besarnya kebutuhan air di sawah biasanya dihitung dengan satuan kebutuhan air setiap satuan luas. Untuk menghitung air irigasi menurut rencana pola tanam. Ada beberapa faktor yang diperlukan:

1. Pola tanam yang direncanakan,
2. Luas areal yang ditanami,
3. Kebutuhan air pada petak sawah, dan
4. Efisiensi irigasi.

Kebutuhan air di sawah (cropwater requitment) yaitu kebutuhan air yang diperlukan pada petak sawah yang terdiri dari:

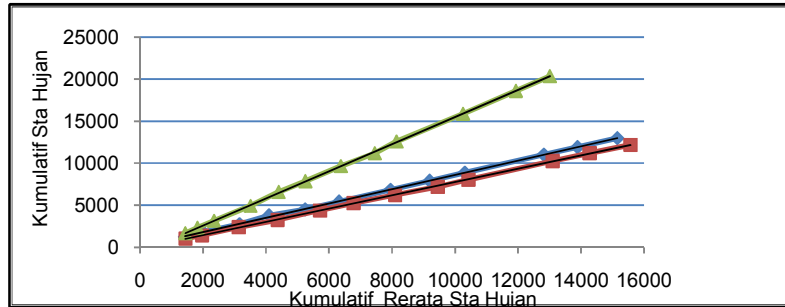
1. Kebutuhan air untuk pengolahan tanah,
2. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman (consumptive use),
3. Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air pada petakan sawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Uji Kepanggahan Data**

Penelitian ini terletak pada DAS Tirtomoyo. Data curah hujan yang digunakan berupa data hujan harian selama 14 tahun dari tahun 1999 – 2012 dengan menggunakan tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Balong, Stasiun Tirtomoyo, dan Stasiun Ngancar. Data tersebut harus di uji kepanggahan untuk mengetahui konsistensi data.

Data diuji pangkah dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*), yang pada dasarnya membandingkan curah hujan tahunan kumulatif dari stasiun yang di teliti dengan kumulatif curah hujan rerata tahunan dari stasiun dasar yang bersesuaian.



Gambar 1 Grafik kurva massa ganda setelah pangkah

Gambar 1 menunjukkan hasil grafik sudah dipanggahkan. Penyimpangan yang terjadi harus diluruskan sesuai dengan besar sudut penyimpangan. Cara yang digunakan untuk meluruskan grafik tersebut menggunakan *redline* pada *chart tools Microsoft excel*. Pilih *display equation on chart* untuk mengeluarkan persamaannya. Cara ini digunakan pada tahun yang menyimpang pada garis *trendline*.

• **Perhitungan Hujan Wilayah**

Hujan wilayah dihitung menggunakan metode Poligon *Thiessen*. Data curah hujan yang digunakan berupa data hujan harian yang di ubah menjadi data hujan bulanan selama 14 tahun dari tahun 1999– 2012 dengan menggunakan tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Balong, Stasiun Tirtomoyo, dan Stasiun Ngancar. Sebagai contoh perhitungan hujan wilayah diambil bulan April tahun 1999 yaitu:

- Stasiun hujan Balong (A1) = 64,934 km²
- Stasiun hujan Tirtomoyo (A2) = 111,196 km²
- Stasiun hujan Ngancar (A3) = 53,861 km²
- DAS Tirtomoyo = 299,991 km²
- Curah hujan bulanan Stasiun Balong (P1) = 208 mm
- Curah hujan bulanan Stasiun Tirtomoyo (P2) = 113 mm
- Curah hujan bulanan Stasiun Ngancar (P3) = 154 mm

$$P = \frac{A1.P1 + A2.P2 + \dots + A3.P3}{A1 + A2 + \dots + An}$$

$$p = \frac{(64,934 \times 208) + (111,196 \times 113) + (53,861 \times 154)}{64,934 + 111,196 + 53,861} = 149,59 \text{ mm}$$

• **Evaporasi Potensial (PET)**

Data diperoleh dari rata – rata suhu atau temperatur udara pada data klimatologi. Misalkan pada bulan April data diambil dari rata – rata temperatur udara yang ada mulai tahun 1999 – 2012 sehingga didapat nilai t = 27,00°C Metode *Thornthwaite* pada penelitian ini didapat PET koreksi sebagai berikut :

$$T_0 \text{ rata-rata} = 27,00^\circ\text{C}$$

$$I \text{ bulan April} = \left(\frac{27,00}{5}\right)^{1.5} = 12,55$$

$$I \text{ satu tahun} = 148,59$$

$$a = 0,49 + 0,0179 (148,59) - 0,0000771 (148,59)^2 + 0,000000675 (148,59)^3 = 3,662$$

$$PET = 1,6 \left[\left(\frac{10 \times 27,00}{148,59} \right) \right]^{3,662} = 14,254 \text{ cm} = 142,54 \text{ mm}$$

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan (PET)

No.	Bulan	Suhu Udara (C°)	Indeks Panas	PET
1	Januari	26,06	11,90	125,14
2	Februari	25,97	11,84	123,64
3	Maret	26,49	12,20	132,98
4	April	27,00	12,55	142,54
5	Mei	27,01	12,55	142,68
6	Juni	26,36	12,11	130,63
7	Juli	26,38	12,12	130,89
8	Agustus	26,18	11,98	127,29
9	September	27,41	12,83	150,57
10	Oktober	27,87	13,16	160,12
11	Nopember	27,46	12,87	151,72
12	Desember	26,90	12,48	140,62
		Jumlah	148,59	

Berdasarkan letak lintang Stasiun Klimatologi DAS Wonogiri yang terletak pada 07° 52' 010" LS = 7,86° LS, maka evapotranspirasi potensial harus diselesaikan dengan letak lintang dan faktor penyesuaian.

Tabel 2 Faktor Penyesuaian untuk Persamaan Thornthwaite

LU	Jan	Feb	Mar	Apr	April	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
0°	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5°	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10°	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15°	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.11	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20°	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25°	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
30°	0.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35°	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40°	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45°	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50°	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

LS	Jan	Feb	Mar	Apr	April	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
5°	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10°	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15°	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20°	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25°	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30°	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35°	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40°	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
45°	1.31	1.09	1.07	0.91	0.83	0.73	0.80	0.91	0.99	1.17	1.24	1.34
50°	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.20	1.41

PET = 132,98 mm

Letak lintang dan faktor penyesuaiannya :

5° LS = 1,00

10° LS = 0,99

7,86° terletak pada 5° dan 10° LS maka harus dilakukan interpolasi dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{10 - 7,86}{10 - 5} = \frac{0,99 - x}{1,00 - 0,99}$$

$$\frac{2,16}{5} = \frac{0,99 - x}{0,01}$$

$$2,16 = \frac{0,99 - x}{0,01}$$

$$0,74 = \frac{0,99 - x}{x - 1,00}$$

$$0,74x - 0,74 = 0,99 - x$$

$$1,74x = 1,73$$

$$\text{Koreksi (x)} = 0,99$$

$$\text{PET koreksi} = 132,98 \times 0,99 = 131,65 \text{ mm}$$

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Thornthwaite

	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
T (C)	26,06	25,97	26,49	27,00	27,01	26,36	26,38	26,18	27,41	27,87	27,46	26,90
I	11,90	11,84	12,20	12,55	12,55	12,11	12,12	11,98	12,83	13,16	12,87	12,48
P	144	206	192	114	92	40	12	27	38	36	78	203
PET	125,14	123,64	132,98	142,54	142,68	130,63	130,89	127,29	150,57	160,12	151,72	140,62
PET.kor	134,09	118,88	139,06	141,72	144,71	127,08	132,01	129,65	150,57	169,05	158,01	152,28
P-												
PET.kor	10,26	86,76	52,50	-27,27	-53,16	-86,79	-120,5	-102,9	-112,3	-133,4	-79,79	50,30
Acc.Pot.WL												
SM	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Dsm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AET	134,09	118,88	139,06	141,72	144,71	127,08	132,01	129,65	150,57	169,05	158,01	152,28
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	10,26	86,76	52,50	-27,27	-53,16	-86,79	-120,5	-102,9	-112,3	-133,4	-79,79	50,30
RO												

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi untuk Padi

a. Kebutuhan air dua minggu pertama

W = 3,33 mm/hari, adalah nilai untuk penggantian lapisan air sebanyak 50 mm selama dua minggu.

$$\text{Etc.1} - \text{Re.3} + p + w = 5,67 - 2,47 + 2,0 + 3,33 = 8,52 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 8,52 \times 0,116 = 0,99 \text{ lt/detik/ha}$$

b. Kebutuhan air dua minggu kedua

$$\text{Etc.2} - \text{Re.4} + p + w = 6,00 - 2,47 + 2,0 + 3,33 = 9,14 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 9,14 \times 0,116 = 1,06 \text{ lt/detik/ha}$$

c. Kebutuhan air minggu ketiga

$$\text{Etc.3} - \text{Re.5} + p + w = 6,28 - 2,47 + 2,0 + 3,33 = 9,72 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 9,72 \times 0,116 = 1,13 \text{ lt/detik/ha}$$

d. Kebutuhan air minggu ke empat

$$\text{Etc.4} - \text{Re.6} + p + w = 6,14 - 2,47 + 2,0 + 3,33 = 9,00 \text{ mm/hari}$$

$$A \times 0,116 = 9,00 \times 0,116 = 1,04 \text{ lt/detik/ha}$$

- e. Kebutuhan air minggu kelima
 $\text{Etc.5} - \text{Re.7} + p + w = 5,43 - 2,47 + 2,0 + 3,33 = 8,29 \text{ mm/hari}$
 $A \times 0,116 = 8,29 \times 0,116 = 0,96 \text{ lt/detik/ha}$
- f. Kebutuhan air minggu ke enam
 $\text{Etc.6} - \text{Re.8} + p + w = 0,00 - 0,00 + 2,0 + 3,33 = 5,33 \text{ mm/hari}$
 $A \times 0,116 = 5,33 \times 0,116 = 0,62 \text{ lt/detik/ha}$

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi untuk Palawija (Kedelai)

- a. Kebutuhan air dua minggu Pertama
 $\text{Etc.1} - \text{Re.t} = 2,99 - 4,57 = -1,58 \text{ mm/hari} < 0$
 (Jika nilai kebutuhan air < 0 maka dianggap 0)
 $A \times 0,116 = 0,00 \times 0,116 = 0,00 \text{ lt/det/ha}$
- b. Kebutuhan air dua minggu kedua
 $\text{Etc.2} - \text{Re.t} = 4,48 - 4,57 = -0,09 \text{ mm/hari} < 0$
 (Jika nilai kebutuhan air < 0 maka dianggap 0)
 $A \times 0,116 = 0,00 \times 0,116 = 0,00 \text{ lt/det/ha}$
- c. Kebutuhan air dua minggu ketiga
 $\text{Etc.3} - \text{Re.t} = 5,98 - 4,57 = 1,40 \text{ mm/hari}$
 $A \times 0,116 = 1,40 \times 0,116 = 0,16 \text{ lt/det/ha}$
- d. Kebutuhan air dua minggu keempat
 $\text{Etc.4} - \text{Re.t} = 5,98 - 4,57 = 1,40 \text{ mm/hari}$
 $A \times 0,116 = 1,40 \times 0,116 = 0,16 \text{ lt/det/ha}$
- e. Kebutuhan air dua minggu kelima
 $\text{Etc.5} - \text{Re.t} = 4,90 - 4,57 = 0,33 \text{ mm/hari}$
 $A \times 0,116 = 0,33 \times 0,116 = 0,38 \text{ lt/det/ha}$
- f. Kebutuhan air dua minggu keenam
 $\text{Etc.6} - \text{Re.t} = 2,69 - 4,57 = -1,88 \text{ mm/hari} < 0$
 (Jika nilai kebutuhan air < 0 maka dianggap 0)
 $A \times 0,116 = 0,00 \times 0,116 = 0,00 \text{ lt/det/ha}$

Perhitungan Pola Tata Tanam

Pola Tata Tanam Simulasi (Trial)

Dengan cara trial atau coba-coba yang bertujuan untuk mencari bulan tata tanam yang tepat untuk penanaman, pola penanaman dengan cara ini adalah sebagai berikut :

- Pola tata tanam Padi – Padi – Palawija (Trial) pada bulan berikut :
 - Pola tata tanam pertama bulan Maret
 Pola tata tanam yang pertama, Penanaman padi pada awal bulan Maret terdapat surplus kebutuhan air sebesar $93,46 \text{ m}^3/\text{det}$ pada grafik tata tanam dan ketika memasuki bulan April terjadi defisit kebutuhan air sebesar $-48,54 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk penanaman padi kedua pada bulan Juli terjadi defisit sebesar $-214,46 \text{ m}^3/\text{det}$, sedangkan pada penanaman palawija pada 15 hari ke-II bulan Oktober defisit sebesar $-237,44 \text{ m}^3/\text{det}$ dan memasuki bulan Desember mengalami surplus sebesar $89,54 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - Pola tata tanam kedua bulan Januari
 Pola tata tanam yang kedua untuk penanaman padi pada bulan Januari mengalami surplus sebesar $18,26 \text{ m}^3/\text{det}$, pada bulan ini kebutuhan air padi selama 3 bulan terpenuhi, sedangkan penanaman padi yang kedua pada bulan Mei mengalami defisit sebesar $-94,63 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan bulan Juli, untuk penanaman palawija pada 15 hari ke-II bulan Agustus dapat dilaksanakan penanaman palawija dikarenakan mengalami defisit sebesar $-183,16 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan bulan November 15 hari ke-I.
 - Pola tanam ketiga bulan November
 Pada tata tanam yang kelima penanaman padi pada awal bulan Nopember mengalami defisit sebesar $-142,03 \text{ m}^3/\text{det}$, dan mengalami surplus pada Bulan Januari sebesar $18,26 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk penanaman padi yang kedua pada bulan Maret mengalami surplus sebesar $93,46 \text{ m}^3/\text{det}$ dan mengalami defisit sebesar $-94,63 \text{ m}^3/\text{det}$ pada bulan Mei. Sedangkan penanaman palawija pada bulan juni 15 hari ke-II mengalami defisit sebesar $-154,50 \text{ m}^3/\text{det}$, pada bulan Juni 15 hari ke-II sampai dengan bulan September 15 hari ke-I dapat dilakukan penanaman karena sedang mengalami kondisi defisit.
- Pola tata tanam Padi – Palawija – Palawija
 - Pola tata tanam pertama bulan Maret
 Pada pola tata tanam padi – palawija – palawija, penanaman padi pada bulan Maret mengalami surplus sebesar $93,46 \text{ m}^3/\text{det}$ dan mengalami defisit pada bulan Mei sebesar $-94,63 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk penanaman palawija pada

bulan Juli mengalami defisit sebesar -214,46 m³/det sampai dengan bulan September mengalami defisit, sehingga untuk penanaman palawija dapat dilaksanakan dikarekan pada bulan Juli sampai dengan September dalam kondisi defisit. Sedangkan untuk penanaman palawija yang kedua pada bulan Oktober 15 hari ke-II mengalami defisit sebesar -237,44 m³/det dan mengalami surplus pada bulan Desember sebesar 89,54 m³/det.

- Pola tata tanam kedua bulan Januari

Pada pola tata tanam kedua penanaman padi pada bualan januari mengalami surplus sebesar 18,26 m³/det, pada bulan januari ini sampai dengan bulan Maret mengalami surplus ketersediaan air yang banyak, sehingga penanaman padi dapat dilaksanakan pada bulan ini. Untuk penanaman palawija pertama pada bulan Mei mengalami defisit sebesar -94,63 m³/det, selama penanaman palawija di bulan ini pada kondisi defisit sehingga penanaman palawija dapat dilakukan pada bulan ini. Sedangkan untuk penanaman palawija yang kedua pada bulan Agustus 15 hari ke-II pada bulan ini penanaman mengalami defisit sebesar -183,16 m³/det, untuk penanaman palawija yang kedua ini kondisi ketersediaan air juga mengalami defisit sehingga penanaman palawija di bulan ini dapat dilaksanakan.

- Pola tata tanam ketiga bulan November

Pada tata tanam yang ketiga penanaman padi pada awal bulan Nopember mengalami defisit sebesar -142,03 m³/det, dan mengalami surplus pada Bulan Januari sebesar 18,26 m³/det. Untuk penanaman palawija yang kedua pada bulan Maret mengalami surplus sebesar 93,46 m³/det dan mengalami defisit sebesar -94,63 m³/det pada bulan Mei. Sedangkan penanaman palawija pada bulan juni 15 hari ke-II mengalami defisit sebesar -154,50 m³/det, pada bulan Juni sampai dengan bulan September 15 hari ke-I dapat dilakukan penanaman karena sedang mengalami kondisi defisit.

3. Pola tata tanam Padi – Palawija

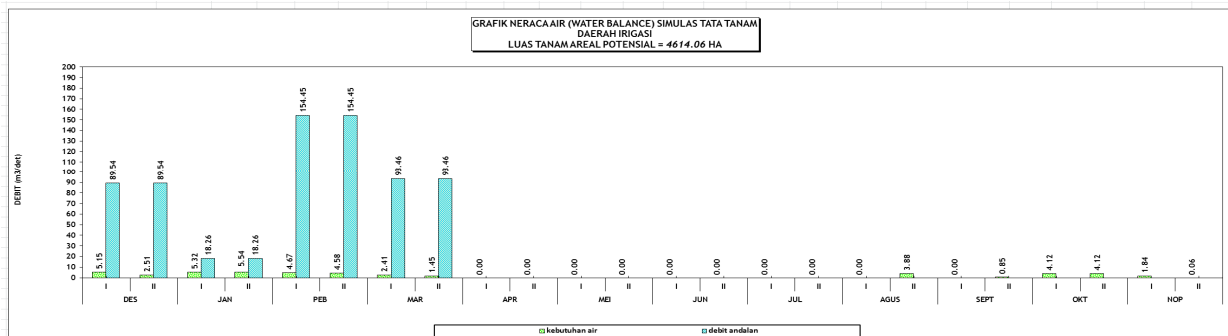
- Pola tata tanam pertama bulan Januari

Pada pola tata tanam penanaman padi pada bulan januari mengalami surplus sebesar 18,26 m³/det, pada bulan Januari ini sampai dengan bulan Maret mengalami surplus ketersediaan air yang banyak, sehingga penanaman padi dapat dilaksanakan pada bulan ini. Pada bulan April sampai dengan bulan Agustus 15 hari ke-I tidak ada penanaman (bero). Untuk penanaman palawija dilakukan pada bulan September, pada bulan September mengalami defisit sebesar -199,91 m³/det, selama penanaman palawija di bulan ini pada kondisi defisit sehingga penanaman palawija dapat dilakukan pada bulan ini.

Dengan membandingkan pola tata tanam simulasi (trial) dengan pemerintah menurut katam (kalender tanam) yang dilaksanakan pada bulan November terjadinya defisit ketersediaan air untuk penanaman padi dan penanaman palawija pada bulan maret terdapatnya ketersediaan air. Pola tata tanam yang dipilih dan tepat untuk diterapkan di DAS Tirtomoyo adalah padi – palawija pada penanaman yang dimulai pada bulan Januari. tabel pola tata tanam dan grafik tata tanam dapat dilihat sebagai berikut :

URAIAN	DES		JAN		PEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGUS		SEPT		OKT		NOP		KETERANGAN
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
DAERAH IRIGASI																									LUAS AREAL TANAM :
GOLONGAN I																									GOLONGAN I :
LUAS AREAL =																									4614.06 Ha
																									MASA TANAM I :
																									PADI
																									MASA TANAM II :
																									PADI
																									LUAS AREAL =
																									4614.06
KEBUTUHAN AIR DI PETAK SAWAH	0.83	0.40	0.85	0.89	0.75	0.74	0.39	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.14	0.66	0.66	0.30	0.01	MASA PERTUMBUHAN
DEBIT KEBUTUHAN AIR DIPETAK SAWAH	3.82	1.86	3.94	4.10	3.46	3.40	1.78	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87	0.00	0.63	3.05	3.05	1.38	0.04	PENGOLAHAN TANAH
EFISIENSI KEHLANGAN AIR	1.12	0.54	1.15	1.20	1.01	0.99	0.52	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.18	0.89	0.89	0.40	0.01	PENGERINGAN
DEBIT KEBUTUHAN AIR (m ³ /dt) DI SALURAN	5.15	2.51	5.32	5.54	4.67	4.58	2.41	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.88	0.00	0.85	4.12	4.12	1.84	0.06	
DEBIT ANDALAN (m ³ /dt)	89.54	89.54	18.26	18.26	154.45	154.45	93.46	93.46	-48.54	-48.54	-94.63	-94.63	-154.50	-154.50	-214.46	-214.46	-183.16	-183.16	-199.91	-199.91	-237.44	-237.44	-142.03	-142.03	Koefisien kehilangan (%) = 35.00
KEANDALAN (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	- efisiensi Saluran = 1.35
																									- Kebutuhan Air (lt / dt / ha) = 4.10

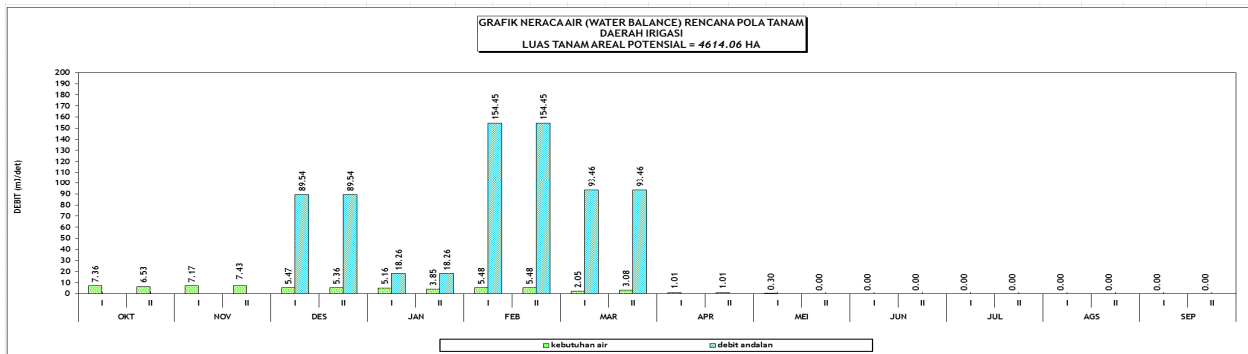
Gambar 2. Hasil perhitungan pola tata tanam simulasi



Gambar 3. Grafik Hasil perhitungan pola tata tanam simulasi

URAIAN	OKT		NOV		DES		JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGS		SEP		KETERANGAN
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
DAERAH IRIGASI																									LUAS AREAL TANAM :
GOLONGAN I																									GOLONGAN I :
LUAS AREAL =	4,614.06																								MASA TANAM I :
	PADI																								MASA TANAM II :
	PALAWIJA																								
KEBUTUHAN AIR DI PETAK SAWAH	1.18	1.05	1.15	1.19	0.88	0.86	0.83	0.82	0.88	0.88	0.33	0.48	0.16	0.16	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEBIT KEBUTUHAN AIR DIPETAK SAWAH	5.45	4.83	5.31	5.51	4.05	3.97	3.82	2.85	4.06	4.06	1.52	2.28	0.75	0.75	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
EFISIENSI KEHILANGAN AIR	1.59	1.41	1.55	1.61	1.18	1.16	1.12	0.83	1.19	1.19	0.44	0.67	0.22	0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DEBIT KEBUTUHAN AIR (m ³ /dt) DI SALURAN	7.36	6.53	7.17	7.43	6.47	6.36	6.16	3.85	5.48	5.48	2.06	3.08	1.01	1.01	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DEBIT ANDALAN (m ³ /dt)	-237.44	-237.44	-142.03	-142.03	89.54	89.64	18.26	18.26	154.45	154.45	93.46	93.46	-48.54	-48.54	-84.63	-84.63	-154.50	-154.50	-214.46	-214.46	-183.16	-183.16	-199.91	-199.91	
KEANDALAN (%)	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
																									Koefisien kehilangan (%) = 35.00
																									- efisiensi saluran = 1.35
																									- petak sawah = 5.51

Gambar 4. Hasil perhitungan pola tata tanam pemerintah



Gambar 5. Grafik Hasil perhitungan pola tata tanam Pemerintah

Di Verifikasikan Di DAS Sekitarnya

a. DAS Temon

Luas tanam DAS Temon adalah 3273 Ha. penanaman padi pada bulan Januari mengalami surplus sebesar 12,95 m³/det, pada bulan Januari ini sampai dengan bulan Maret mengalami surplus ketersediaan air yang banyak, sehingga penanaman padi dapat dilaksanakan pada bulan ini. Pada bulan April sampai dengan bulan Agustus 15 hari ke-I tidak ada penanaman (bero). Untuk penanaman palawija dilakukan pada bulan September, pada bulan September mengalami defisit sebesar -141,81 m³/det.

b. DAS Wuryantoro

Luas tanam DAS Wuryantoro adalah 1301 Ha. penanaman padi pada bulan Januari mengalami surplus sebesar 5,15 m³/det, pada bulan Januari ini sampai dengan bulan Maret mengalami surplus ketersediaan air yang banyak, sehingga penanaman padi dapat dilaksanakan pada bulan ini. Pada bulan April sampai dengan bulan Agustus 15 hari ke-I tidak ada penanaman (bero). Untuk penanaman palawija dilakukan pada bulan September, pada bulan September mengalami defisit sebesar -56,37 m³/det.

SIMPULAN

Dengan membandingkan perhitungan neraca air eksisting pemerintah dan neraca air simulasi yang paling baik adalah neraca air simulasi. Menurut grafik neraca air, pada bulan Januari terdapat surplus ketersediaan air sebesar 18,26 m³/det sehingga dapat digunakan untuk penanaman padi dan bulan September terjadi defisit ketersediaan air sebesar -199,91 m³/det digunakan untuk penanaman palawija.

Pada grafik neraca air eksisting pemerintah menurut kalender tanam, penanaman padi dilakukan pada bulan November. Pada bulan November terjadi defisit ketersediaan air sebesar -142,03 m³/dt penanaman padi tidak dapat dilaksanakn. Sedangkan untuk penanaman palawija dilaksanakan pada bulan Maret terjadinya surplus ketersediaan air sebesar 93,46 m³/dt. Setelah membandingkan grafik neraca air yang ada, pola tata tanam yang cocok di verifikasi di DAS sekitar Tirtomoyo adalah pola tata tanam simulasi.

REFERENSI

- Ardiputro, Riyan. 2013. *Tugas Akhir Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Sub Das Bengawan Solo Hulu 3*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

- Thornthwaite, C.W. and J.R. Mather. 1957. *Instruction and Table for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance*. Publication in Climate, Vol. X, No. 3. New York.
- Yeli Sarvina dan Aris Pramudia. 2012. *Analisis Neraca Air Laban Kabupaten Serang Sebagai Dasar Penyusunan Pola Tanam*. Balai Agroklimat dan Hidrologi. Bogor
- Irfani, Alfrida. 2012. *Tugas Akhir Analisis Neraca Air Sungai Tiromoyo Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.