

## Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Sawah Selama Satu Masa Tanam Dengan Lima Metode

*Reni Oktaviani Tarru*

**Dosen UKI Toraja**

### **ABSTRAK**

Suplai air untuk pertanian khususnya untuk tanaman padi dengan pemberian air yang menerus selama masa tanam (metode konvensional) akan makin berkurang. Pada metode ini dibutuhkan air dalam jumlah yang sangat banyak dan hanya menghasilkan produksi beras yang masih rendah.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengukur nilai kebutuhan air irigasi selama satu masa tanam dengan menggunakan sistem irigasi hemat air yang telah banyak diuji, dikembangkan, diterapkan, dan disebarluaskan di berbagai negara terutama di China. Sistem irigasi yang digunakan adalah metode modifikasi tradisional/ MTR (dengan sistem genangan), metode *Alternate Wetting and Drying/AWD* (metode pergantian basah dan kering), metode *Semi Dry Cultivation/SDC* (metode semi kering), dan metode *System of Rice Intensification/SRI* (metode basah). Sistem irigasi hemat air ini dibandingkan dengan sistem tradisional/metode konvensional (sistem genangan menerus).

Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan air irigasi selama satu masa tanam untuk metode TRI 681.35 mm, metode MTR 636.38 mm atau terjadi pengurangan sebesar 6.6 % dari metode TRI, metode AWD 582.36 mm atau terjadi pengurangan sebesar 14,53 % dari metode TRI, metode SDC 549.33 mm atau terjadi pengurangan sebesar 19.37 % dari metode TRI, dan metode SRI 1003.15 mm atau terjadi peningkatan 47.23 % dari TRI. Pada metode SRI peningkatan nilai KAI yang terjadi disebabkan karena besarnya nilai perkolasasi pada metode tersebut.

*Kata kunci:* kebutuhan air irigasi, metode irigasi, nilai perkolasasi

### **PENDAHULUAN**

Problema kekurangan air untuk irigasi sering didengar sejak waktu yang lama, dan kerugian yang diakibatkan oleh kekurangan air sangat besar, oleh karena banyak sawah yang sudah ditanami padi akhirnya mati kekeringan, dan tentu saja panen berlimpah yang diharapkan oleh petani menjadi gagal total. Sementara sistem irigasi konvensional yang selama ini digunakan membutuhkan air yang cukup besar karena memerlukan penggenangan air yang cukup dalam secara terus menerus. Oleh karena itu diharapkan sektor pertanian yang mengkonsumsi air dalam porsi yang cukup besar, menerapkan sistem irigasi yang efektif dan efisien.

#### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan besarnya kebutuhan air irigasi yang harus diberikan pada setiap pola penanaman metode; System of Rice Intensification (SRI), Modified of Traditional Irrigation (MTR), Alternate Wetting and Drying (AWD), Semi Dry Cultivation (SDC), maupun sistem irigasi konvensional/Traditional Irrigation (TRI). Sehingga diperoleh teknik manajemen

irigasi untuk sistem penanaman padi yang memiliki efisiensi dan produktifitas air yang tinggi dengan hasil padi yang bertambah.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Analisis Imbangan Air**

Perhitungan imbangan air bertujuan untuk mengetahui perimbangan ketersediaan air (masukan) dengan kebutuhan air (keluaran) pada lahan model. Dalam analisa imbangan air menggunakan persamaan berikut ( Sri Harto, 2000 ):

$$I = O \pm \Delta S \quad \dots \dots \dots \quad 1$$

dengan :

I : masukan (*inflow*),  
O : keluaran (*outflow*),  
 $\Delta S$  : perubahan tampungan (*change of storage*).

$$\Delta S = (Ir + P) - (ET + P + L) \quad \dots \dots \dots \quad 2$$

dimana :

$\Delta S$  : perubahan tampungan (*storage change*) dalam mm/hari,  
IR : air irigasi dalam mm/hari,  
P : hujan dalam mm/hari,

ET : evapotranspirasi dalam mm/hari,  
 P : perkolasikan dalam mm/hari,  
 L : limpasan dalam mm/hari.

## **Evapotranspirasi Acuan dengan Metoda Koefisien Panci (FAO 56)**

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Koefisien Panci (FAO 56) adalah :

dengan :

ETo : evapotranspirasi tanaman acuan,  
 Kp : koefisien panci yang nilainya berkisar antara 0,65-0,85 yang bergantung pada kecepatan angin, kelembaban relative, dan elevasi,  
 Epan : nilai evaporasi dari panci penguapan yang ada dilapangan.

Analisis Curah Hujan Efektif

Pengukuran besarnya curah hujan efektif hanya menggunakan rumus atau formula. Metode yang digunakan adalah Metode Potensial Evapotranspirasi. Pemilihan metode ini berdasarkan keterbatasan data curah hujan yang dimiliki. Metode ini mengambil besarnya curah hujan efektif dari persentase curah hujan yang turun dalam suatu kelompok hari. Banyaknya hari dalam suatu kelompok didasarkan secara umum pada jenis tanah atau jenis kelembaban tanah, kondisi cuaca umum atau tingkat evapotranspirasi (Dasten, 1974). Dalam penelitian ini dipakai dasar pengelompokan jumlah hari berdasarkan data tipe tanah dan nilai evapotranspirasi. Semakin rendah kemampuan tanah dalam menahan air dan/atau semakin tinggi tingkat evapotranspirasi, maka semakin pendek periode dalam kelompok. Jumlah hari dalam suatu kelompok (periode) ditentukan oleh besarnya nilai evapotranspirasi (faktor iklim) dan jenis tanah (kemampuan pengikatan air oleh tanah, mm/m).

## **Analisis Kebutuhan Air Irigasi**

Kebutuhan air di sini adalah suatu gambaran besarnya kebutuhan air untuk keperluan tumbuhnya tanaman sampai tanaman (padi) itu siap panen.

Kebutuhan air irigasi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (KP 01)

dengan :

KAI : kebutuhan air irigasi ( $\text{mm}^3/\text{hari}$ ),

ETc : evapotranspirasi (mm/hari)

IR : kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari),

RW : kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hari),

P : perkolasai (mm/hari),

ER : hujan efektif (mm/hari),

ER : hujan ceket (irrigation efficiency)

A : luas areal irigasi ( $m^2$ ).

## METODOLOGI PENELITIAN

## **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Penyehatan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, yang terletak di daerah JKuningan, Yogyakarta

## **Tahapan Penelitian**

### ➤ Persiapan Penelitian

- a. Pemilihan Varietas  
Untuk pemilihan jenis varietas tidak dilaksanakan melalui suatu pertimbangan khusus, dikarenakan dalam penelitian ini hanya ditinjau pengaruh tanaman terhadap air yang diberikan. Sehingga untuk semua metode menggunakan bibit yang sama yaitu jenis IR64.
  - b. Pemberian Benih  
Pemberian benih merupakan salah satu tahapan dalam budidaya padi sawah karena umumnya ditanam dengan menggunakan benih yang telah disemaikan terlebih dahulu di tempat lain.
  - c. Penyiapan Lahan  
Penyiapan lahan pada dasarnya adalah pengolahan tanah sawah hingga siap untuk ditanami. Prinsip pengolahan tanah adalah pemecahan bongkahan-bongkahan tanah sawah sedemikian rupa hingga menjadi lumpur lunak dan sangat halus.
  - d. Penanaman  
Umur bibit saat dipindahkan berkisar 20 hari untuk metode tradisional dan 10 hari untuk metode lainnya, dengan jarak tanam dilahan 25 x 25 cm, jumlah bibit yang dimasukkan kedalam "dapur" atau rumpun

- adalah 3 untuk metode tradisional dan 1 untuk empat metode lainnya.
- e. Penyulaman  
Penyulaman sebaiknya dilakukan maksimal 2 minggu setelah tanam, bila lebih akan berakibat pada tidak serempak masaknya buah padi. Bibit yang tidak tumbuh, rusak, terserang penyakit, bahkan mati harus segera diganti dengan bibit baru (disulam) yang telah dipersiapkan pada pojok-pojok lahan.

- f. Pemberian Air  
a) Metode Konvensional (TRI) dan Metode Modifikasi Tradisional (MTR)

Sistem pemberian airnya secara terus-menerus dari saat tanam hingga masa pertumbuhan (gabah mulai menguning). Untuk kedalaman genangannya berkisar 20 – 80 mm. Setelah gabah mulai menguning sampai masa panen, lahan model dikeringkan.

b) Metode AWD

Pada metode ini sistem pemberian air adalah terputus dengan cara :

- Pada saat 1 HST (hari setelah tanam) s/d 10 HST digenangi terus dengan dalam maksimum 2 cm dan minimum 0 mm;
- Setelah 11 HST s/d buah padi mulai menguning (hari ke 80-95 ) diairi maksimum sedalam 2 cm dan minimum 70% SMC (tanah sudah mulai retak)
- Pada 96 HST s/d panen lahan dikeringkan.

c) Metode SDC

Tahapan pemberian air pada metode ini sebagai berikut :

- Pada 1 HST s/d 10 HST digenangi terus setiap harinya maksimum sedalam 2 cm dan minimum 0 mm;
- Pada 11 HST s/d buah padi mulai menguning (hari ke 80-95 ) pemberian air hanya sebatas permukaan tanah (tanpa tergenang / maksimum 0 cm) dan baru diairi kembali saat 70% SMC (minimum);
- Hari ke 96 s/d panen lahan dikeringkan.

d) Metode SRI

Tahapan pemberian air pada metode SRI sebagai berikut :

- Pada 1 HST s/d 10 HST digenangi terus setiap harinya maksimum sedalam 2 cm dan minimum 0 mm;
- Pada 11 HST s/d buah padi mulai menguning (hari ke 80-95 ) pemberian air maksimum sedalam 2 cm dan minimum 0 mm;
- Hari ke 96 s/d panen lahan dikeringkan.

g. Pemupukan

Pemupukan diberikan dengan 3 (tiga) tahapan yaitu :

- Pemupukan pertama, pada saat padi berumur 7 HST dengan dosis Urea 125 kg/ha, SP-36 100 kg/ha dan Kcl 25 kg/ha,
- Pemupukan kedua, pada saat padi berumur 25-30 HST dengan dosis Urea 75 kg/ha.
- Pemupukan ketiga, pada saat padi berumur 40-45 HST dengan dosis ZA 100 kg/ha.

## ➤ Pelaksanaan Penelitian

### 1. Pengambilan Data

a. Data irigasi

Pengambilan data irigasi dilakukan setiap ada pengairan kedalam lahan model dengan membuka keran dari bak irigasi sesuai dengan pengaturan pemberian air pada masing-masing metoda. Jumlahnya dapat diukur dengan melihat perubahan ketinggian muka air pada papan ukur dalam satuan liter yang telah dipasang dalam bak irigasi.

b. Data perkolasai

Pengukuran perkolasai dilakukan setiap hari pada setiap metoda dengan mencatat jumlah air yang keluar dari keran perkolasai. Pengukuran perkolasai dilakukan pada bak perkolasai dengan menggunakan gelas dan tabung ukur. Keran perkolasai pada bak perkolasai dibuka dan air yang keluar ditampung dengan menggunakan gelas dan tabung ukur sampai aliran air konstan atau habis .

c. Data evaporasi

Data evaporasi diukur secara harian dengan menggunakan titik acuan yang sama setiap harinya. Digunakan panci evaporasi dan alat bantu ukur seperti kaliper. Panci evaporasi diisi dengan air yang diperoleh dari sungai di lokasi penelitian. Pengukuran dilakukan dengan mengukur ketinggian dari ujung atas panci evaporasi sampai permukaan air.

d. Data curah hujan

Digunakan alat penakar hujan manual untuk menampung curah hujan yang terjadi dalam satu hari. Pengambilan data dilakukan jika pada saat hari sebelumnya terjadi hujan. Air hujan yang tertampung dikeluarkan dengan membuka kran dan diukur dengan menggunakan gelas ukur, jika air yang tertampung hanya sedikit digunakan tabung ukur dengan ketelitian 1 ml.

e. Data limpasan

Limpasan dihitung jika tinggi genangan pada lahan model melebihi tinggi maksimal yang ditetapkan yaitu 8 cm. Banyaknya limpasan tergantung dari tingginya curah hujan pada hari sebelumnya.

f. Data bidang agronomi

Parameter yang diukur meliputi jumlah anakan, jumlah dan berat butir padi. Jumlah anakan dihitung setiap 10 hari sampai padi berumur 70 HST dengan jumlah pengamatan sebanyak 16 titik untuk masing-masing metoda. Penimbangan berat butir padi dilakukan pada tiap 20 anakan dari 16 titik pengamatan dengan menggunakan timbangan elektrik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Curah Hujan Efektif

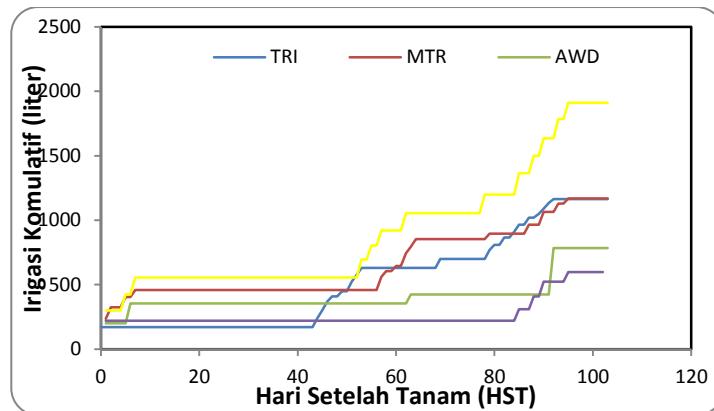
Analisis curah hujan efektif dalam penulisan Tugas Akhir ini dihitung dengan Metode India, yaitu dengan mempertimbangkan karakteristik tanah dan nilai evapotranspirasi. Dari hasil analisis data diperoleh karakteristik tanah yaitu termasuk tanah ringan dengan kemampuan mengikat air pada kapasitas lapangan kurang dari 4 cm per meter. Nilai evapotranspirasi dihitung dengan metode Koefisien Panci, dengan rata-rata nilai evapotranspirasi per bulan adalah 1.9 mm/hari. Dengan nilai evapotranspirasi per bulan dan tipe tanah maka didapatkan jumlah hari dalam satu periode adalah 2 hari. Dari hasil hitungan didapatkan selama musim tanam total curah hujan 2897.59 mm sepanjang pertumbuhan, 40.58 persen adalah sebagai curah hujan efektif.

### Irigasi

Pola pemberian air irigasi pada tanaman padi di sawah dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dalam sistem irigasi hemat air, pengaturan pola pemberian air irigasi dilakukan agar penggunaan air irigasi lebih efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman. Data hasil pengukuran air irigasi dari masing-masing pola pemberian air irigasi dapat ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 5 di bawah.

Tabel 1. Nilai Total Irigasi Terhitung

Sistem Irigasi	Total Irigasi Terhitung (liter)	Total Irigasi Terhitung (mm)
TRI	1165	194.17
MTR	1170	195.00
AWD	785	130.83
SDC	599	99.83
SRI	1911	318.5



Gambar 1. Nilai Irigasi Komulatif Terhitung

Dari sistem pemberian air irigasi, sistem irigasi dengan metode SDC adalah sistem irigasi yang paling hemat air karena jumlah terukur irigasinya paling kecil yaitu 99.83 mm atau 51.42 % dari total irigasi metode TRI, metode AWD pemberian air jika dibandingkan dengan metode TRI sebesar 67.38 % saja, sedangkan untuk metode MTR dan metode SRI justru lebih boros dalam penggunaan air irigasi dibandingkan dengan metode TRI. Pada metode SRI peningkatan penggunaan air irigasi terjadi sangat besar dibandingkan

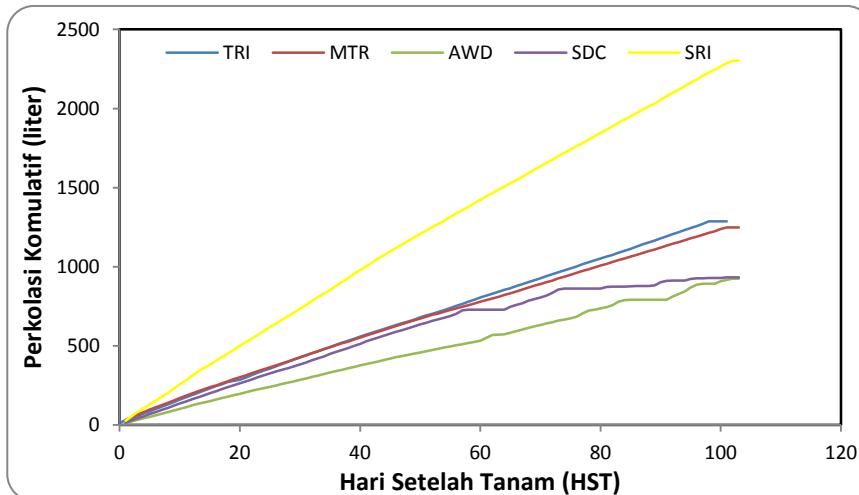
dengan metode TRI yaitu 64.03 %, hal ini karena pada metode SRI perkolasinya yang terjadi juga paling tinggi.

### Perkolasi

Nilai data perkolasinya adalah data primer yang didapatkan dari data nilai air yang keluar dari model lahan petak sawah setiap harinya. Jumlah nilai perkolasinya selama masa tanam untuk setiap metode irigasi dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Nilai Total Perkolasi Terhitung

Sistem Irigasi	Total Perkolasi Terhitung (liter)	Total Perkolasi Terhitung (mm)
TRI	1287.03	214.50
MTR	1248.84	208.14
AWD	924.68	154.11
SDC	933.42	155.57
SRI	2303.52	383.92



Gambar 2. Nilai Perkolasi Komulatif Tiap Metode Irigasi

Dari tabel dan gambar dapat diketahui nilai perkolasi yang paling rendah adalah perkolasi metode AWD atau berkurang sebesar 28.15 % dari jumlah perkolasi TRI, sedangkan nilai perkolasi terbesar adalah perkolasi pada metode SRI atau terjadi kenaikan sebesar 78.98 % dari metode TRI.

#### Kebutuhan Air Konsumtif

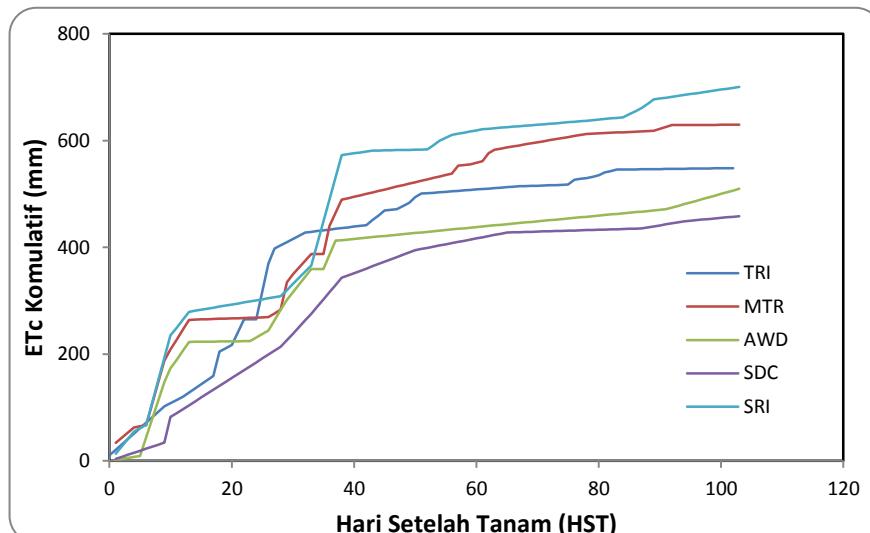
Kebutuhan air konsumtif atau evapotranspirasi tanaman (ETc) adalah banyaknya air yang dipergunakan untuk proses pertumbuhan tanaman (transpirasi) dan evaporasi

dari tanah/air sebagai tempat tumbuhnya tanaman tersebut. Perhitungan Kebutuhan air konsumtif untuk tanaman padi pada penelitian yang kami lakukan yaitu dengan menggunakan analisis *water balance* pada saat kondisi tampungan ( $\Delta S$ ) = 0.

Data hasil perhitungan nilai ETc selama masa tanam sampai pengeringan lahan untuk setiap metode pemberian air irigasi dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 7 di bawah ini :

**Tabel 3. Nilai Total ETc Terhitung**

Sistem Irigasi	Total ETc Terhitung (mm)
TRI	548.24
MTR	629.72
AWD	509.64
SDC	458.49
SRI	700.62



**Gambar 3. Nilai ETc Komulatif Terhitung**

Dari data dan gambar diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) dengan sistem irigasi hemat air yang dihitung dengan menggunakan prinsip *water balance*, dengan metode MTR terjadi peningkatan sebesar 14.86 % terhadap metode TRI, metode AWD terjadi pengurangan sebesar 7.04 %, dengan metode SDC pengurangan terjadi lebih besar yaitu 16.37 %, dan dengan metode SRI terjadi peningkatan sebesar 27.79 %. Peningkatan nilai ETc yang terjadi pada metode SRI sangat tinggi, hal ini dikarenakan adanya kebocoran pada lahan model yang tidak terdeteksi pada saat penelitian.

#### Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan Air Irigasi (KAI) sangat penting untuk dianalisis agar penggunaan air yang berlebihan dapat dihindari sehingga pemborosan air dapat dikurangi. Parameter-parameter yang terdapat dalam perhitungan KAI yaitu meliputi evapotranspirasi (ETc), perkolasi (P), kebutuhan air untuk lapisan air (RW), hujan efektif (ER), efisiensi irigasi (IE) dan luas lahan irigasi (A). Contoh perhitungan KAI untuk metode SDC pada tanggal 13 Maret 2007 atau pada saat 1 HST:

- $ET_c = 3.80 \text{ mm/hari}$
- $IR = 0$
- $RW = 0$
- $P = 2.33 \text{ mm/hari}$
- $ER = 6.07 \text{ mm/hari}$
- $IE = 100 \% = 1$
- $A = 6000000 \text{ mm}^2$

Maka berdasarkan pada Persamaan 4 didapatkan:

$$KAI = \frac{(3.80 + 0 + 0 + 2.33 - 6.07)}{1} \times 6000000$$

$$= 0.32 \text{ liter/hari}$$

$$= 0.05 \text{ mm/hari}$$

Jumlah keseluruhan dari KAI harian dikatakan sebagai kebutuhan air irigasi pada metode SDC selama satu periode tanam.

**Tabel 4. Hasil Hitungan KAI selama Masa Tanam**

Sistem Irigasi	Kebutuhan Air Irigasi/KAI (mm)
TRI	681.35
MTR	636.38
AWD	582.36
SDC	549.33
SRI	1003.15

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kebutuhan air irigasi selama satu masa tanam untuk metode TRI 681.35 mm, metode MTR 636.38 mm atau terjadi pengurangan sebesar 6.6 % dari metode TRI, metode AWD 582.36 mm atau terjadi pengurangan sebesar 14,53 % dari metode TRI, metode SDC 549.33 mm atau terjadi pengurangan sebesar 19.37 % dari metode TRI, dan metode SRI 1003.15 mm atau terjadi peningkatan 47.23 % dari TRI. Pada metode SRI peningkatan nilai KAI yang terjadi disebabkan karena besarnya nilai perkolasai pada metode tersebut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini baik itu dari, hasil proses penelitian, pengolahan data, analisa hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kebutuhan Air Irigasi (KAI) selama masa tanam kebutuhan air irigasi selama satu masa tanam untuk metode TRI 1753.87 mm, metode MTR 1667.09 mm atau terjadi pengurangan sebesar 4.95 % dari metode TRI, metode AWD 1352.92 mm atau terjadi pengurangan sebesar 22.86 % dari metode TRI, metode SDC 1327.18 mm atau terjadi pengurangan sebesar 24.32 % dari metode TRI, dan metode SRI 2922.75 mm atau terjadi peningkatan 64.65 % dari TRI. Pada metode SRI peningkatan nilai KAI yang terjadi

disebabkan karena besarnya nilai perkolasai pada metode tersebut.

2. Sistem pemberian air irigasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan pola pemberian air irigasi metode AWD dan metode SDC terjadi pengurangan jumlah penggunaan air irigasi masing-masing sebesar 32.62 % dan 48.58 % terhadap metode TRI. Sedangkan untuk metode SRI terjadi peningkatan penggunaan air irigasi sebesar 64.03 % terhadap metode TRI. Untuk metode MTR penggunaan air irigasinya relatif sama dengan metode TRI.
3. Nilai curah hujan efektif yang terjadi selama masa tanam adalah 40.58 % dari 2897.59 mm total curah hujan. Adanya nilai curah hujan efektif ini sangat mempengaruhi sistem pemberian air pada setiap metode irigasi yang diteliti.
4. Nilai evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ) dengan sistem irigasi hemat air yang dihitung dengan menggunakan prinsip *water balance* mempunyai nilai yang bervariasi yaitu dengan metode MTR terjadi peningkatan sebesar 14.86 % terhadap metode TRI, metode AWD terjadi pengurangan sebesar 7.04 %, dengan metode SDC pengurangan terjadi lebih besar yaitu 16.37 %, dan dengan metode SRI terjadi peningkatan sebesar 27.79 %. Pada metode SRI peningkatan nilai  $ET_c$  sangat tinggi, hal ini dikarenakan pada lahan model metode

SRI terjadi kebocoran yang tidak terdeteksi.

5. Nilai perkolasi selama masa tanam tebesar dimiliki oleh metode SRI yaitu sebesar 383.92 mm tau mengalami peningkatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan metode TRI yaitu sebesar 78.98 % dengan pemberian air irigasi sebesar 318.5 mm, metode MTR sebesar 208.14 mm atau berkurang sebesar 2.97 % dari metode TRI dengan pemberian air irigasi sebesar 195.00 mm, metode SDC sebesar 155.57 mm atau berkurang sebesar 27.47 % dari metode TRI dengan pemberian air irigasi sebesar 99.83 mm, dan metode AWD 154.11 mm atau berkurang sebesar 28.15 % dari metode TRI dengan pemberian air irigasi sebesar 130.83 mm.

### **Saran**

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik tanah

masing-masing lahan sehingga pengukuran terhadap perkolasi dapat lebih akurat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*, DPU Dirjen Pengairan, Bandung.
- Dasten, N.G., 1974, *Effective Rainfall in Irrigated Agriculture*, [www.fao.com](http://www.fao.com), FAO, Rome.
- FAO, 1999, Irrigation and Drainage Paper 56, *Crop Evapotranspiration*. Rome, Italy.
- Sri Harto, 2000, *Hidrologi, Teori, Masalah dan Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta
- Sudjawardi, 1987, *Dasar-dasar Teknik Irigasi*, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.