

# **SIMULASI PEMANENAN AIR HUJAN UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR IRIGASI PADA BUDIDAYA TANAMAN JAGUNG (*Zea Mays*)**

## ***SIMULATION OF RAINWATER HARVESTING FOR SUFFICIENT WATER NEEDS IN RAISING CORN (*Zea Mays*)***

**Febrianto<sup>1</sup>, Sugeng Triyono<sup>2</sup>, R.A. Bustomi Rosadi<sup>3</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

<sup>2,3)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : febriwonka@gmail.com

Naskah ini diterima pada 1 Oktober 2014; revisi pada 2 Desember 2014; disetujui untuk dipublikasikan pada 8 Januari 2015

### **ABSTRACT**

*A rainwater harvesting system consisted of a planning land area and a rainwater collection pond area. This study aimed to determine the optimum ratio of the planting area to the collection pond area. Research was conducted by running a 13 year simulation with daily time step. A 13 year (1999-2011) daily meteorological data set obtained from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) Lampung Province, was used to run the simulation. Programs written using VISSIM 4.0 (Visual Simulation). The results showed that the rainwater harvesting system can suffice the irrigation water for maize. The smallest pond area (570 m<sup>2</sup>) required if planting was done in February, while the largest pond area (1620 m<sup>2</sup>) required if planting was done on August.*

**Key Words:** Evapotranspiration, Corn, Irrigation, Rain water harvesting.

### **ABSTRAK**

Sebuah sistem pemanenan air hujan terdiri dari luas lahan perencanaan dan area kolam pemanenan air hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan luas lahan dan kolam yang optimal dengan menjalankan simulasi 13 tahun dengan waktu setiap hari langkah. Data klimatologi harian selama 13 tahun (1999-2011) diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Provinsi Lampung. Program ditulis menggunakan vissim 4.0 (*Visual Simulation*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemanenan air hujan dapat mencukupi kebutuhan air irigasi tanaman jagung. Luas kolam terkecil untuk mencukupi kebutuhan air irigasi terjadi di bulan tanam Februari yakni 570 m<sup>2</sup>. Sedangkan kolam terluas terjadi di bulan tanam Agustus yakni 1620 m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Evapotranspirasi, Irigasi, Jagung, Pemanenan air hujan.

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Permintaan jagung di Indonesia terus meningkat. Tingginya produksi pengolahan jagung sebagai bahan baku pakan ternak merupakan faktor utama penyebab meningkatnya permintaan jagung (Alim, 2013). Peran jagung sebagai bahan pangan sebenarnya telah berubah menjadi kebutuhan industri pakan (Sariubang dan Herniwati, 2011) lebih dari 55 % kebutuhan jagung diperkirakan digunakan untuk pakan ternak sedangkan untuk konsumsi pangan hanya

sekitar 30 % dan selebihnya digunakan untuk benih (Kasryno *dkk*, 2007).

Selama ini upaya untuk meningkatkan produktivitas jagung masih bertumpu pada perluasan areal tanam (Badan Pusat Statistik, 2013). Disisi lain, peningkatan produktivitas lahan masih terkendala oleh terbatasnya ketersediaan air (Prabowo *dkk*, 2004). Air menjadi salah satu kendala dalam peningkatan produksi (Tusi dan Rosadi, 2009) dan

produktivitas lahan (Ditjen Tanaman Pangan, 2011).

Keterbatasan ketersediaan air atau biasa disebut dengan kelangkaan air disebabkan oleh penggunaan air yang terus meningkat baik dari sektor pertanian, industri, rumah tangga serta perubahan iklim global. Tuong dan Bouman (2003) mengestimasi bahwa hingga tahun 2025 kelangkaan air dan kekeringan akan meluas di sebagian besar wilayah Asia.

Salah satu cara menghadapi terbatasnya ketersediaan air adalah dengan cara pemanenan air hujan secara optimal (Afandi, 2010). Air hujan yang melimpah pada saat musim hujan tidak terserap seluruhnya oleh tanah. Air hujan yang tidak dapat diserap tanah akan melimpas begitu saja. Jika air limpasan ini ditampung pada suatu penampungan, maka air tersebut bisa dimanfaatkan untuk air irigasi (Triyono, 2011 dan Triyono *dkk*, 2010).

Penelitian pemanenan air hujan sudah banyak dilakukan, salah satunya pada simulasi kebutuhan air padi sawah tadah hujan di kota Metro (Negara, 2009). Pemanenan air hujan sangat potensial untuk dikembangkan mengingat Indonesia adalah negara beriklim basah dengan curah hujan yang tinggi. Karena itu, pemanenan air hujan merupakan salah satu langkah tepat untuk mengatasi terbatasnya ketersediaan air. Dalam rangka pengembangan pemanenan air hujan untuk memenuhi terbatasnya ketersediaan air dalam budidaya tanaman jagung, kajian ini dilakukan dengan

metoda simulasi dan permodelan sistem "lahan-kolam".

Kolam air penampungan sangat multifungsi. Selain bermanfaat untuk mencukupi irigasi, air pada kolam penampungan juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengelolaan sumber daya air bersih (Yulistyorini, 2011), mencuci, mandi, dan bahkan dapat digunakan untuk memasak jika kualitas air tersebut memenuhi standar kesehatan (Sharpe dan Swistock, 2008; Worm dan Tim, 2006).

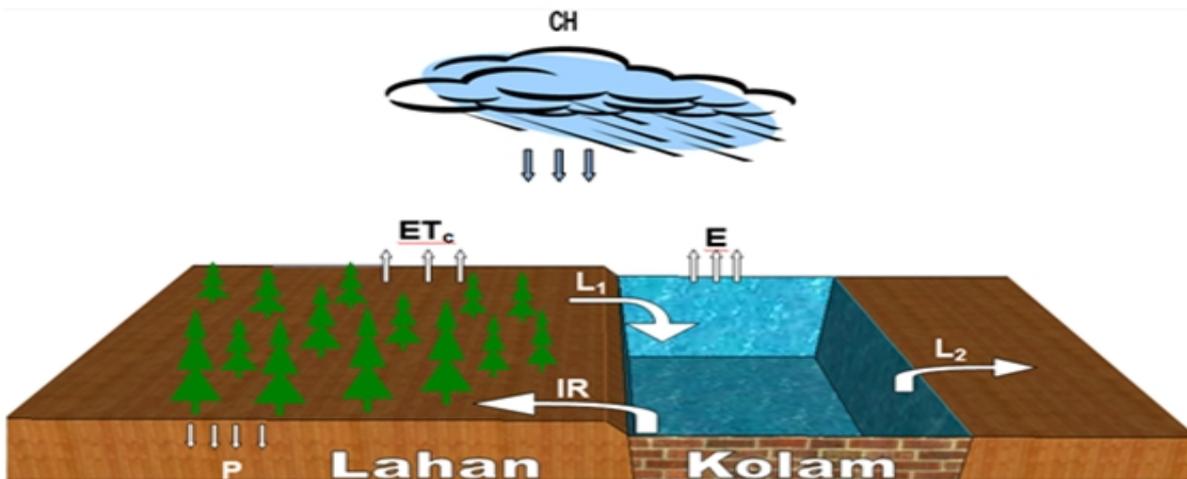
Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan perbandingan luas lahan dan kolam yang optimal melalui simulasi selama 13 tahun waktu tanam.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data klimatologi rujukan harian selama 13 tahun (1999-2011). Data klimatologi diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Provinsi Lampung. Data lain adalah berupa data tinggi tanaman, perkolasi, limpasan, kadar air, kapasitas lapang (FC), titik layu permanen (PWP), dan evapotranspirasi ( $ET_c$ ) yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (Muamar, 2012).

### 2.1 Deskripsi Sistem Pemanenan Air Hujan

Model pemanenan air terdiri dari 1 ha lahan dan satu kolam dengan kedalaman 3m yang berfungsi untuk menampung air hujan. Model tersebut disajikan pada Gambar 1. Kadar air lahan akan meningkat ketika terjadi hujan dan di irigasi, dan sebaliknya kadar air lahan akan turun karena evapotranspirasi dan perkolasi. Perkolasi terjadi



Gambar 1. Deskripsi sistem pemanenan air hujan

ketika kadar air lebih dari kapasitas lapang, dan ketika kurang dari kapasitas lapang maka penurunan air tanah terjadi karena proses evapotranspirasi.

Berbeda dengan kondisi air di lahan, air pada kolam penampungan akan bertambah ketika terjadi hujan dan limpasan dari lahan. Jika limpasan dari lahan melebihi daya tampung air di kolam, maka air akan melimpas dan meninggalkan sistem. Air di kolam penampungan akan berkurang ketika terjadi penguapan langsung dari kolam dan pengambilan air irigasi.

### 2.2 Model Neraca Air

Neraca air memiliki input curah hujan dan irigasi, sedangkan outputnya adalah evapotranspirasi, perkolasi dan limpasan ke kolam. Kondisi ini digambarkan dengan Persamaan 1 berikut;

$$\Delta H_L = CH + IR - ET_c - P - L_1$$

Keterangan ;

- $\Delta H_L$  : perubahan tinggi muka air di lahan (mm/hari)
- CH : curah hujan (mm/hari)
- IR : irigasi (mm/hari)
- $ET_c$  : evapotranspirasi (mm/hari)
- P : perkolasi (mm/hari)
- $L_1$  : limpasan dari lahan ke kolam (mm/hari)

Evapotranspirasi ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2 (Allen dkk, 1998).

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

Keterangan

- $ET_0$  : evapotranspirasi acuan
- $K_c$  : koefisien tanaman

koefisien tanaman ditentukan dengan Persamaan 3 (Allen dkk, 1998).

$$K_{c_{Adj}} = K_{c_{tab}} + (0,04(U_2 - 2) - 0,004(RH_{min} - 45)) \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3}$$

Keterangan

- $K_{c_{tab}}$  : nilai  $K_c$  berdasarkan tabel dari FAO
- $U_2$  : nilai kecepatan angin rata-rata harian (m/s)
- $RH_{min}$  : nilai rata-rata kelembaban udara minimum (%)
- h : tinggi tanaman (m) menggunakan regresi linear  $y = ax + b$  dimana x : hst.

Neraca air pada kolam memiliki input curah hujan dan limpasan dari lahan, sedangkan outputnya adalah irigasi, evaporasi dan overflow. Model neraca air kolam ini digambarkan dengan Persamaan 4 berikut ;

$$\Delta H_K = CH + L_1 - IR - E - L_2$$

Keterangan

- $\Delta H_K$  : perubahan tinggi muka air di kolam (mm/hari)
- CH : curah hujan (mm/hari)
- $L_1$  : limpasan dari lahan ke kolam (mm/hari)
- IR : irigasi (mm/hari)
- E : evaporasi (mm/hari)
- $L_2$  : limpasan dari kolam (mm/hari)

Evaporasi kolam digambarkan dengan Persamaan 5 berikut;

$$E = K \times ET_0$$

Keterangan

- K: koefisien evaporasi kolam = 0,8 (Boyd, 1985)
- $ET_0$ : evapotranspirasi acuan

Berdasarkan model kesetimbangan air (Persamaan 1 dan 4) simulasi tersebut berjalan secara kontinyu dari hari ke hari. Ketinggian air dapat dihitung dengan pendekatan, seperti pada Persamaan 6 berikut;

$$H_{i+1} = H_i + \frac{\Delta H_{(i)}}{\Delta T_{(i)}}$$

Keterangan

- $H_{i+1}$  : tinggi air pada hari ke i+1
- $H_i$  : tinggi air pada hari ke i
- " $H_{(i)}/T_{(i)}$ " : perubahan ketinggian pada hari ke i.

Persamaan 6 berlaku untuk lahan dan kolam penampungan air hujan. Seluruh variable neraca air pada model dalam satuan mm/hari. Satuan persen seperti kadar air, titik layu, kapasitas lapang dan titik jenuh dikonversi kedalam satuan mm.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter yang digunakan dalam simulasi model disajikan pada tabel 1.

### 3.1 Fungsi Pertumbuhan Tanaman dengan Regresi

Salah satu parameter untuk mengetahui perkembangan tanaman adalah tinggi tanaman. Tinggi tanaman dianalisis menggunakan regresi linear. Dari analisis tersebut diperoleh 4 tahap pertumbuhan tanaman sebagai berikut: tahap 1 (0-37 hst), tahap 2 (38-51 hst), tahap 3 (52-66 hst) dan tahap 4 (67-94 hst).

Pertumbuhan tinggi tanaman tahap 1 (hst 0-37) dirumuskan pada Persamaan 7.

$$y = 0.012x$$

Keterangan

y :tinggi tanaman (mm)

x :hari setelah tanam (hst)

dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0.914

Tinggi tanaman pada tahap 2 (hst 38-51) terlihat naik tajam. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 1 dikarenakan data tinggi tanaman menggunakan data interpolasi harian dari penelitian sebelumnya (Muamar, 2012). Hasil dari analisis tinggi tanaman tahap 2 dirumuskan pada Persamaan 8.

$$y = 0.098x + 0.622$$

dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 1

Pada tahap 3 (52-66 hst) tinggi tanaman masih menunjukkan peningkatan sebelum sampai puncak dan selanjutnya bergerak stabil. Hasil dari analisis tinggi tanaman tahap 3 dirumuskan pada Persamaan 9.

$$y = 0.016x + 2.085$$

dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0.998

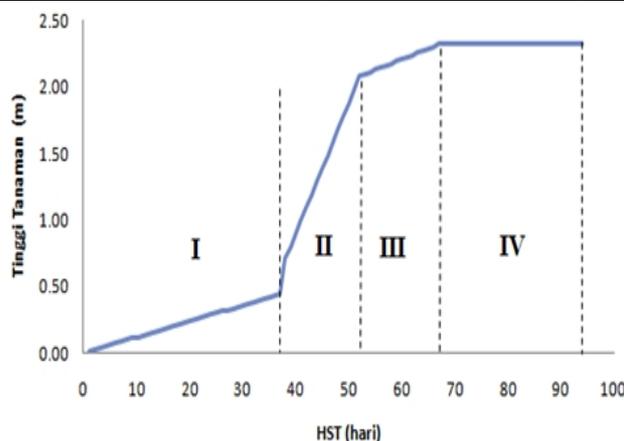
Pada tahap 4 (67-94 hst) pertumbuhan tinggi tanaman telah sampai pada level tertinggi. Pada fase ini tanaman tidak lagi bertambah tinggi. Hal ini disebabkan karena proses transpirasi sudah mulai menurun. Berbeda dengan tahap sebelumnya dimana proses transpirasi yang terus meningkat. Hasil analisis tinggi tanaman tahap 4 dirumuskan pada Persamaan 10.

$$y = 2.33$$

Gambar 3 menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman pada setiap tahap (periode pertumbuhan). Tampak dari Gambar 3 bahwa tanaman terus bertambah tinggi hingga hst 66. Selanjutnya pada hst 67-94 tanaman tidak lagi bertambah tinggi. Sesuai kurva pertumbuhan, kurvanya berbentuk naik sedikit kemudian naik tajam dan akhirnya sampai puncak menjadi stabil dan suatu saat akan menurun untuk kemudian mati.

Tabel 1. Parameter yang digunakan dalam simulasi model

Parameter	Nilai	Sumber
Titik Jenuh	40%	(Muamar, 2012)
Kapasitas Lapang	35%	(Muamar, 2012)
Titik Kritis	30,7%	(Muamar, 2012)
Titik Layu	21%	(Muamar, 2012)
Zona Perakaran	200 mm	Ditentukan
Luas Lahan	1 ha	Ditentukan
Kedalaman Kolam	3000 mm	Ditentukan
Koefisien Tanaman ( $K_c$ )		
$K_c$ Initial	0,7	(Allen <i>dkk</i> , 1998)
$K_c$ Mid Season	1,20	(Allen <i>dkk</i> , 1998)
$K_c$ End Season	0,93	(Allen <i>dkk</i> , 1998)
Koefisien Evaporasi kolam	0,8	(Boyd, 1985)



Gambar 3. Pertumbuhan tinggi tanaman.

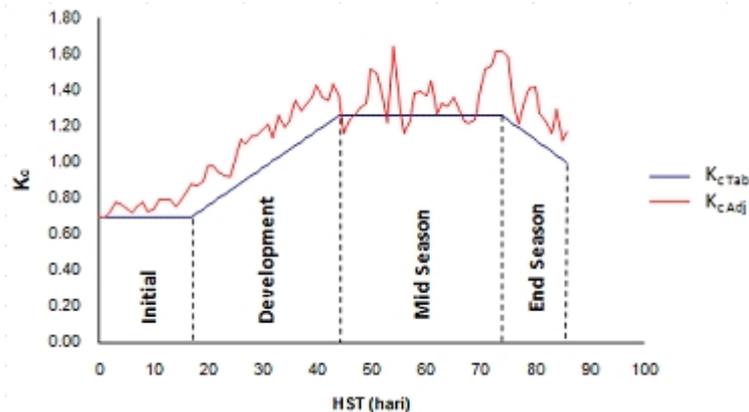
### 3.2 Validasi $K_c$

Secara praktis kebutuhan air tanaman ( $ET_c$ ) dapat ditaksir dengan menggunakan evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) yang dikoreksi dengan koefisien tanaman ( $K_c$ ). Pengukuran evapotranspirasi secara langsung dari air maupun permukaan lahan yang luas akan mengalami banyak hambatan. Dari permasalahan tersebut maka perlu dikembangkan beberapa metode pendekatan dengan menggunakan parameter-parameter yang diperkirakan berpengaruh terhadap besarnya nilai evapotranspirasi. Nilai  $K_c$  pada penelitian ini merujuk pada tabel  $K_c$  (Allen *dkk*, 1998).

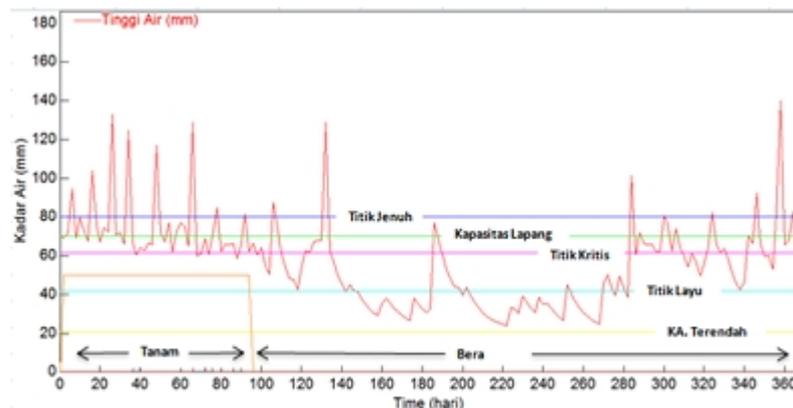
Gambar 4 menunjukkan nilai  $K_c$  berdasarkan fase pertumbuhan tanaman jagung pada setiap periode pertumbuhan. Pertumbuhan jagung dibagi menjadi empat fase: initial (0-17 hst), development (18-44 hst), mid season (45-74 hst), end season (75-94 hst). Pada fase initial, evapotranspirasi jagung masih rendah. Hal ini

disebabkan tanaman masih belum tumbuh sempurna. Nilai  $K_c$  pada fase initial sebesar 0,70. Berbeda dengan fase development dan mid season, nilai  $K_c$  meningkat karena bertambah besarnya batang jagung dan rimbun daun yang menyebabkan evapotranspirasi tanaman semakin tinggi. Pada fase development dan mid season diperoleh nilai  $K_c$  rata-rata 1,26. Sedangkan pada fase end season evapotranspirasi tanaman mulai menurun dengan  $K_c$  sebesar 1,03 pengurangan air merupakan cara tanaman dalam menekan pertumbuhan tanaman yang berarti mempercepat penuaan.

Gambar 5 merupakan contoh detail kadar air pada lahan untuk periode tanam satu tahun yakni tanam pada bulan Januari. Dari Gambar 5 terlihat bahwa pada saat musim tanam, kadar air tanah hanya turun mencapai titik kritis karena lahan segera diirigasi. Berbeda dengan musim tidak tanam (bera), kadar air tanah bisa turun hingga di bawah titik layu permanen karena lahan tidak diberikan irigasi.



Gambar 4. Nilai koefisien tanaman ( $K_c$ ) berdasarkan tahap pertumbuhan



Gambar 5. Kadar air lahan pada musim tanam dan bera tahun 1999 untuk tanam Januari.

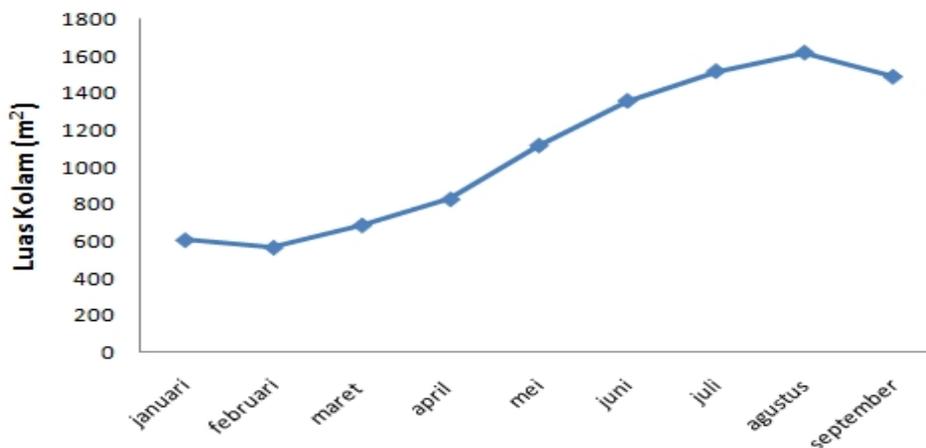
Air irigasi diambil dari kolam penampungan. Pemberian irigasi dilakukan secara otomatis dengan mengasumsikan bahwa pada lahan terpasang alat yang mendeteksi kadar air dalam tanah. Sehingga ketika kadar air lahan berada pada titik kritis, irigasi akan dilakukan sampai kondisi lahan kembali pada keadaan kapasitas lapang.

Gambar 6 merupakan total irigasi selama 13 tahun pada bulan tanam Januari-September tanpa kekurangan air pada lahan seluas 1 ha. Total irigasi yang diberikan selama bulan tanam Januari-September yang paling tinggi terjadi pada bulan Agustus yakni mencapai 4016,76 m<sup>3</sup>. Sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Januari 2051,32 m<sup>3</sup>. Rendahnya pengambilan irigasi dari kolam dikarenakan penanaman hanya dilakukan 1 kali dalam 1 tahun. Berdasarkan pergantian musim, maka sesuai jika kebutuhan irigasi tertinggi terjadi pada bulan tanam Agustus.

Gambar 7 menunjukkan luas kolam yang dibutuhkan untuk mencukupi air irigasi pada lahan seluas 1 ha. Luas kolam penampung ditentukan dengan metode coba ralat berdasarkan kolam kering. Tampak pada Gambar 7 bahwa luas kolam penampungan yang paling kecil terjadi pada bulan Februari, yakni 570 m<sup>2</sup>. (Negara, 2009) jadwal tanam yang paling tepat berdasarkan luas kolam terkecil adalah pada bulan Februari. Jika dilihat kembali pada Gambar 6 tampak total irigasi terkecil bukan terjadi pada bulan Februari melainkan pada bulan Januari. Hal ini dikarenakan jumlah hari hujan pada bulan Februari lebih banyak dibandingkan pada bulan Januari. Walaupun kwantitas hujan pada bulan Januari lebih besar, namun airnya banyak yang melimpas dan terbuang sia-sia. Sebaliknya jika hujan dengan kwantitas rendah namun terjadi terus-menerus, airnya banyak yang tertampung dikolam.



Gambar 6. Total irigasi selama 13 tahun pada bulan tanam Januari-September tanpa kekurangan air pada lahan seluas 1 ha.



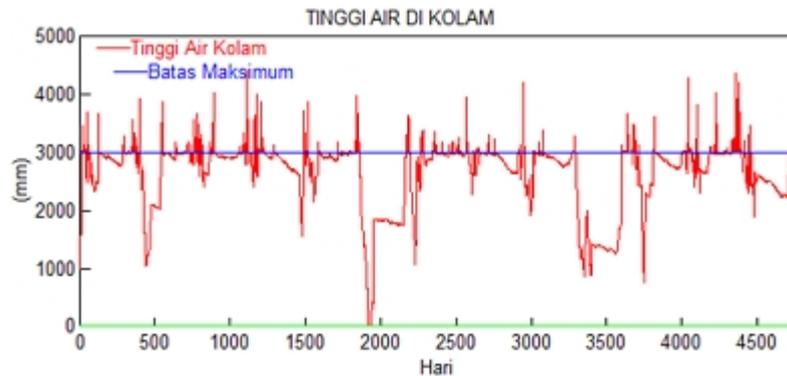
Gambar 7. Luas kolam penampungan untuk memenuhi air irigasi tanpa kekurangan air pada lahan seluas 1 ha dengan irigasi secara otomatis.

Dari Gambar 7 tampak peningkatan luas kolam terjadi mulai bulan Februari hingga Juli dan puncaknya terjadi pada bulan Agustus dengan luasan 1620 m<sup>2</sup>. (Triyono, 2011) luas kolam terbesar untuk mencukupi air irigasi terjadi pada bulan Agustus. Dari uraian diatas nampaknya bulan tanam Agustus merupakan bulan defisit air. Dengan demikian maka dapat diprediksi bahwa bulan Februari merupakan jadwal tanam tepat berdasarkan luas kolam terkecil yakni 570 m<sup>2</sup>. Sedangkan kebutuhan air irigasi pada tiap-tiap bulan tanam akan tercukupi oleh kolam penampungan jika luas kolam penampungan lebih dari 1620 m<sup>2</sup>.

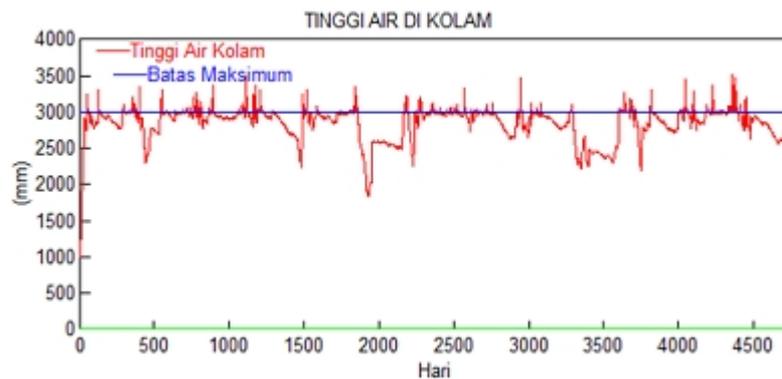
Gambar 8 menunjukkan tinggi air pada kolam jika tanam di bulan Januari dengan luas kolam 570 m<sup>2</sup>

Ketika air melewati batas maksimum maka air akan dihitung menjadi limpasan. Tampak pada gambar 8 muka air sempat beberapa kali turun hingga ada yang turun sampai kedasar kolam. Akan tetapi, jika kolam diperluas menjadi 1620 m<sup>2</sup> (Gambar 9), maka air pada kolam hampir selalu terisi penuh.

Seperti yang telah disampaikan sebelumnya bahwa kolam memiliki fungsi ganda, yakni selain untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, kolam juga dapat digunakan untuk akuakultur. Namun lebih dari itu, kolam penampung juga bisa berfungsi untuk mengurangi proses pencemaran akibat penggunaan pestisida dan pupuk dari lahan pertanian.



Gambar 8. Tinggi air pada kolam dengan luas kolam penampungan 570 m<sup>2</sup> untuk tanam bulan Januari dengan lahan seluas 1 ha



Gambar 9. Tinggi air pada kolam dengan luas kolam penampungan 1620 m<sup>2</sup> untuk tanam bulan Januari dengan lahan seluas 1 ha.

#### IV.KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

1. Kebutuhan air irigasi tanaman jagung akan terpenuhi oleh kolam tanpa tergantung oleh musim jika, kolam penampungan seluas 1620 m<sup>2</sup> dan dengan kedalaman 3 m.
2. Total irigasi tertinggi terjadi jika tanam dilakukan pada bulan tanam Agustus yakni mencapai 4016,76 m<sup>3</sup> dan terendah terjadi jika tanam pada bulan Januari 2051,32 m<sup>3</sup>.
3. Bulan Februari merupakan jadwal tanam yang paling tepat berdasarkan ukuran luas kolam terkecil yakni (570 m<sup>2</sup>). Sedangkan luas kolam terbesar terjadi di bulan tanam Agustus yakni berukuran (1620 m<sup>2</sup>).
4. Banyaknya hari hujan mempengaruhi ukuran luas kolam.

##### 4.2 Saran

Perlu adanya kajian lebih lanjut meliputi kajian ekonomi dan kajian-kajian pada daerah lain dikarenakan curah hujan pada tiap-tiap daerah relatif berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. 2010. *Optimasi Pemanfaatan Air Hujan Melalui Simulasi untuk Budidaya Padi Tadah Hujan di Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Alim, M.K. 2013. *Pakan Ternak: Kebutuhan Impor Jagung Melonjak 86,67%*. (<http://www.bisnis.com/m/pakan-ternak-kebutuhan-impor-jagung-melonjak-8667>). diakses pada tanggal 5 April 2013).
- Allen, G.R., L.S. Pereira, D. Raes, dan M. Smith. 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Badan Pusat Statistik, 2013. *Produksi Padi, Jagung, Dan Kedelai (Angka Sementara Tahun 2012)*. No. 20/03/ Th. XVI, 1 Maret 2013.
- Boyd, C.E. 1985. *Pond Evaporation*. Transactions of the American Fisheries Society. 114:229-303.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2011. *Teknologi Budidaya Jagung*. (<http://www.deptan.go.id/ditjentan>). diakses pada tanggal 25 Januari 2013).
- Kasryno, F., E. Pasandaran, Suyamto, dan M.O. Adnyana. 2009. *Gambaran Umum Ekonomi Jagung Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta Pusat Penelitian. 474-497.
- Muamar. 2012. *Analisis Neraca Air Tanaman Jagung (Zea Mays) di Bandar Lampung*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Negara, S.Z. 2011. *Simulasi Kebutuhan Air Padi Sawah Tadah Hujan dengan System Of Rice Intensification (SRI) Organic (Kota Metro)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prabowo, A., A. Prabowo, A. Hadriadi, dan M.J.B. Tjaturetna. 2004. *Pengelolaan Irigasi Tanaman Jagung Lahan Kering : Aplikasi Irigasi Tetes*. Makalah pada seminar "Peran Strategis Mekanisasi Pertanian Dalam Pengembangan Agroindustri Jagung", Badan Litbang Pertanian, Jakarta. 1-13.
- Sariubang, M dan Herniwati. 2011. *Sistem Pertanaman dan Produksi Biomas Jagung Sebagai Pakan Ternak*. Seminar Nasional Serealia. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan. 237-244.
- Sharpe, W.E. and B. Swistock. 2008. *Household Water Conservation*. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension College of Agricultural Sciences. The Pennsylvania State University.
- Triyono, S., B. Rosadi, Oktafri, dan A. Afandi. 2010. *Model Pemanenan Air Hujan Untuk Produksi Padi Tadah Hujan : Contoh Kasus di Pesawaran*. Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian. 2 (2): 83-130.
- Triyono, S. 2011. *Simulasi Kinerja Sistem Sawah-Kolam Untuk Penyediaan Air Irigasi Pada Sawah Tadah Hujan Dalam Rangka Menyikapi Perubahan Musim Tanam Yang*

Kurang Menentu. Prosiding pada seminar "Peran Iptek Untuk Mengantisipasi Perubahan Iklim Dalam Perspektif Pertanian Berkelanjutan". 3: 821-832.

Tuong T.P and B.A.M. Bouman. (2003). *Rice Production in Water – Scarce Environments*. In: Proceedings of the Water Productivity Workshop. 12-14 November (2001). Colombo, Sri Lanka. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.

Tusi, A dan B. Rosadi. 2009. *Aplikasi Irigasi Defisit Pada Tanaman Jagung (Deficit Irrigation Application On Corn Plant)*. Jurnal Irigasi. 4 (2): 120-130.

Worm, Adan T.V. Hattum. 2006. *Rainwater Harvesting For Domestic Use*, Agrodok 43, Agromisa Foundation and CTA, Wageningen.

Yulistyorini, A. 2011. *Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air di Perkotaan*. Jurnal Teknologi dan Kejuruan. 34 (1): 105-114.

Lampiran 1. Diagram alir program sistem pemanenan air hujan

