

JURNAL **TEKNOTAN**

ISSN 1978-1067

Volume 6 Nomor 2 - Mei 2012

DITERBITKAN OLEH:

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

dan

PERTETA & PATPI
C A B A N G B A N D U N G

**PENGUNAAN BUDGET MODEL UNTUK MERANCANG IRIGASI
KALENDER TANAMAN JAGUNG PADA TANAH TEKSTUR LEMPUNG BERPASIR
UNTUK DAERAH IKLIM PALEMBANG**

*Utilizing Budgeted Model to Design Irrigation Calendar of Maize on Sandy Loam Texture Soil
for Palembang Climate Region*

Bakri dan Momon Sodik Imanudin

Dosen Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
Email: momon2001hk@yahoo.com.hk

ABSTRACT

The study aims to calculate the water needs of dry land crops as well as irrigation scheduling. As crop indicator, corn was used for the computer simulation. The study is divided into two phases. Daily climatic data was taken from the Kenten Station Palembang. Water balance under root zone analysis using the help of computer models (BUDGET models). Soil type is ultisol with the texture sandy clay loam layer above and below the clay. Some scenarios were tested at the wet season, transition and dry. The results of computer analysis model shows that corn crops in the rainy season do not require irrigation. For the transition period (March to May) is required irrigation in flowering phase, with a total water needs of 76, 5 mm. Analysis in the dry season (May-July) is required for 198 mm of irrigation water. Irrigation scheduling applications as much as 9 times out of every 7-day intervals beginning 10 days of growth and the middle and the end.

Keywords: water saving, corn, irrigation calendar, BUDGET model

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan air tanaman lahan kering serta penjadwalan irigasi. Sebagai indikator tanaman, digunakan tanaman jagung untuk simulasi komputer. Data iklim harian diambil dari Stasiun Kenten Palembang. Neraca air di bawah zona akan dianalisis menggunakan bantuan model komputer BUDGET. Jenis tanah adalah ultisol dengan tekstur tanah lempung liat berpasir di bagian atas dan di lapisan bawah adalah liat. Beberapa skenario diuji pada musim peralihan, musim basah dan kering. Hasil analisis model komputer menunjukkan bahwa tanaman jagung pada musim hujan tidak memerlukan irigasi. Untuk periode peralihan (Maret sampai Mei) diperlukan irigasi di fase pembungaan, dengan total kebutuhan air 76, 5 mm. Analisis di musim kemarau (Mei-Juli) diperlukan 198 mm air irigasi. Penjadwalan aplikasi irigasi adalah sebanyak 9 kali dengan interval setiap 7-hari pada masa 10 hari pertumbuhan awal, tengah dan akhir.

Kata kunci: hemat air, tanaman jagung, irigasi kalender, model BUDGET

Diterima: 20 Oktober 2011

PENDAHULUAN

Tingkat penggunaan jagung dalam negeri cukup tinggi terutama untuk pakan (unggas) berkisar antara 45-55 %, sehingga diperhitungkan bahwa industri pakan ternak nasional setiap tahunnya membutuhkan sebanyak 3,5 juta ton jagung. Selain itu kebutuhan jagung juga untuk pangan juga berkisar antara 45-55 %. Kesenjangan antara impor dan kemampuan produksi

nasional masih lebar, meskipun produksi nasional juga meningkat. Oleh karena itu potensi usaha budidaya tanaman jagung dalam negeri harus ditingkatkan. Permasalahannya adalah untuk tumbuh dan berkembang tanaman memerlukan air secara terus-menerus sementara suplai air dari hujan tidak sepanjang bulan. Ada beberapa bulan dimana petani tidak bisa budidaya tanaman karena terjadi defisit air. Kondisi ini

mengharuskan upaya pemberian air dari luar melalui aplikasi irigasi (Yoo., *et al*, 2008).

Perencanaan pengelolaan air untuk tanaman di lahan kering meliputi kapan dan dimana budidaya tanaman dilakukan, berapa jumlah air yang diperlukan, serta kapan seharusnya irigasi diberikan. Informasi ini sampai sekarang belum tersedia, sehingga seringkali petani mengalami kegagalan budidaya tanaman karena di masa pertumbuhan tanaman mengalami keterbatasan air. Rekomendasi sistem penjadwalan air irigasi akan berbeda untuk jenis tanaman, tanah dan kondisi iklim setempat. Oleh karena itu perencanaan yang baik harus memasukan komponen data tanah-iklim dan aspek tanaman (Imanudin dan Tambas, 2002; Imanudin dan Susanto, 2005).

Menurut Evans *et al.*, (1996), menyatakan bahwa penjadwalan irigasi adalah bagian penting dalam penyusunan strategi pengelolaan air. Penjadwalan irigasi menyangkut berapa banyak air diberikan dan kapan diberikan. Jumlah air yang diberikan sangat tergantung kepada kemampuan tanah dalam menyimpan air dan kemampuan tanaman dalam menyerap air di zona perakaran tanaman. Untuk lebih efektif dan efisien dalam aplikasi irigasi di lahan kering maka teknologi irigasi mikro sangat tepat dilakukan (Imanudin dkk, 1997). Irigasi mikro ini menerapkan aplikasi air diberikan tepat di zona perakaran tanaman. Metode pemberian air bisa diaplikasi melalui irigasi tetes, curah (*micro spray*) dan *mini-sprinkler*.

Untuk dapat menerapkan sistem irigasi mikro ini maka harus terlebih dahulu dipelajari sistem keseimbangan air di lahan tersebut. Keseimbangan air ini merupakan interaksi komponen lahan yang terdiri tanah, air (iklim dan hidrologi) serta tanaman (Imanudin, 2001, Imanudin dan Tambas, 2002). Untuk itu variabel tanah sangat penting sebagai media tumbuh yang akan menentukan jumlah air yang dapat ditampung dan juga dapat dikeluarkan. Dalam hal ini sifat fisik tanah yang penting diketahui adalah tekstur, porositas, permeabilitas, bobot isi, infiltrasi dan kurva karakteristik kelembaban tanah (Imanudin dan Susanto 1995).

Dari potensi dan kendala diatas maka diperlukan perancangan irigasi kalender untuk irigasi tanaman jagung pada beberapa jenis tekstur tanah yang dominan di Sumatera Selatan. Diharapkan dari simulasi komputer akan didapat efisiensi pengairan karena air diberikan dalam jumlah dan waktu yang tepat.

Penelitian bertujuan untuk menentukan kebutuhan air tanaman jagung dan membuat penjadwalan air irigasi pada kondisi dua jenis tekstur tanah yang berbeda dan pada beberapa kondisi cuaca (hujan, pancaroba dan kemarau).

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Dua jenis tekstur tanah yaitu lempung liat berpasir untuk lapisan pertama dan liat untuk lapisan kedua digunakan dalam studi ini. Waktu pelaksanaan kajian penelitian adalah satu tahun, yaitu dengan teknik simulasi komputer memanfaatkan data iklim harian dari bulan Januari sampai Desember 2010.

Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam peneletian ini adalah data iklim, dan curah hujan, dan tanah. Sementara untuk keperluan analisis data keseimbangan air digunakan bantuan komputer Microsoft Excel *spread sheet* dan aplikasi komputer model BUDGET.

Perhitungan kebutuhan air tanaman dilakukan dengan pendekatan empiris yaitu dengan mengalikan nilai evapotraspirasi potensial dengan koefisien tanaman. Kemampuan tanah dalam menyimpan air tanah (*soil water retention characteristics*) menjadikan dasar bagi perhitungan lamanya air tersedia bagi tanaman. Curah hujan harian dilapangan sebagai masukan input air selain air dari irigasi. Kombinasi data tanah, iklim dan sifat fisiologis tanaman (Agro-pedo-klimatik) akan menghasilkan sistem penjadwalan air irigasi di suatu wilayah. Tahap-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisis retensi air tanah dihitung dengan menggunakan pendekatan pedotrasfer fungsi. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

Pendugaan Retensi Air Tanah

Status air tanah jenuh :

$$\theta_{sat} = 0.332 - 7.251 \cdot 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log_{10} (\% \text{ clay}) \quad (1)$$

dimana:

θ_{sat} = kandungan air tanah jenuh (m^3/m^3);

% pasir = persentasi fraksi pasir (mass%);

% persentasi liat dari praksi liat (mass%).

Status air tanah kapasitas lapang :

$$\theta_{\omega = -10 \text{ kPa}} = 0.4118 - 0.0030 (\% \text{ sand}) + 0.0023 (\% \text{ clay}) + 0.0317 (\% \text{ OM}) \quad (2)$$

$$\theta_{w=33\text{ kPa}} = 0.2576 - 0.0020 (\% \text{ sand}) + 0.0036 (\% \text{ clay}) + 0.0299 (\% \text{ OM}) \quad (3)$$

dimana:

$\theta_{w=10\text{ kPa}}$ = kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tahanan matrik potensial-10 kPa;

$\theta_{w=33\text{ kPa}}$ = kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tahanan matrik potensial-33 kPa

% OM = persentasi kandungan bahan organik (%mass).

Status air pada kondisi titik layu permanen:

$$\theta_{WP} = 0.0260 + 0.0050 (\% \text{ clay}) + 0.0158 (\% \text{ OM}) \quad (4)$$

dimana,

(% liat) = presentasi fraksi liat dan

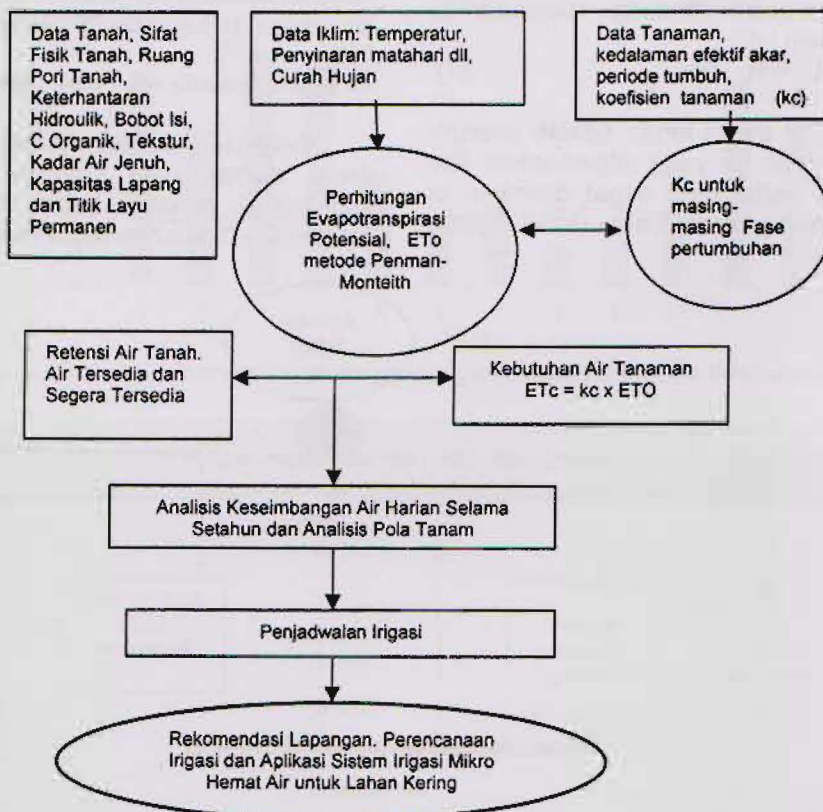
(%OM) = persentasi kandungan bahan organik (% mass).

Perhitungan air tersedia bagi tanaman dan air segera tersedia. Air tersedia bagi tanaman adalah air yang siap dan mudah diserap oleh perakaran tanaman. Air tersedia ini adalah kandungan air yang berada pada kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen.

Air Tersedia (% volume) = (Kandungan Air Kapasitas Lapang $\theta_{w=10\text{ kPa}}$ - Kandungan Air Titik Layu Permanen θ_{WP}) % volume (5)

Untuk keperluan irigasi, tanaman harus disiram sebelum kadar air tanah mencapai titik layu permanen. Ini artinya air diberikan sebelum air tersedia untuk tanaman habis. Pada kebanyakan tanaman irigasi diberikan setelah 75 % air tersedia habis (Yoo, et al., 2008). Untuk tanaman yang peka terhadap kekeringan maka air diberikan pada saat 50 % air tersedia untuk tanaman habis.

Analisis Kebutuhan Air Tanaman, Keseimbangan Air Tanah, dan Rancangan Penjadwalan Irigasi Tanaman. Kebutuhan air suatu tanaman dapat didefinisikan sebagai "jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi (ET-tanaman) pada tanaman yang sehat, tumbuh pada sebidang lahan yang luas dengan kondisi tanah yang tidak mempunyai kendala (kendala lengas tanah dan kesuburan tanah) dan mencapai potensi produksi penuh pada kondisi lingkungan tumbuh tertentu (Doorenbus dan Pruitt, 1986; Zotareli dkk, 2009))



Gambar 1. Diagram Alir Tahap-tahapan Penelitian.

Sebagai langkah awal menghitung kebutuhan air tanaman adalah terlebih dahulu menghitung nilai evapotranspirasi potensial. Nilai evapotranspirasi potensial dihitung menggunakan persamaan Penman-monteith seperti dibawah ini:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad (6)$$

dimana,
 R_n = nilai radiasi bersih;
 G = nilai aliran panas tanah,
 $(e_s - e_a)$ menunjukkan tekanan defisit gas dalam udara;
 ρ_a = densitas udara pada tekanan konstan;
 C_p = nilai spesifik panas dalam udara;
 Δ = kemiringan antara tekanan uap jenuh berhubungan dengan temperatur;
 γ = nilai konstanta *physicometri*.

Pengaruh karakteristik tanaman terhadap kebutuhan air tanaman diberikan oleh koefisien tanaman (k_c) yang menyatakan hubungan antara ET_o dan ET tanaman ($ET_{tanaman} = k_c \cdot ET_o$). Nilai-nilai k_c beragam dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan tanaman, musim pertumbuhan, dan kondisi cuaca yang ada. Kebutuhan air tanaman Etc dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini:
 $ET_{tanaman} (ET_c) = k_c \cdot ET_o \quad (7)$

Keseimbangan air di lahan adalah menunjukkan berapa jumlah air yang ditambahkan dan yang dikeluarkan serta yang dapat disimpan di dalam tanah selama periode waktu (Hillel, 1980).

Oleh karena itu keseimbangan air dalam tanah pada periode waktu tertentu (Δt) dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini:

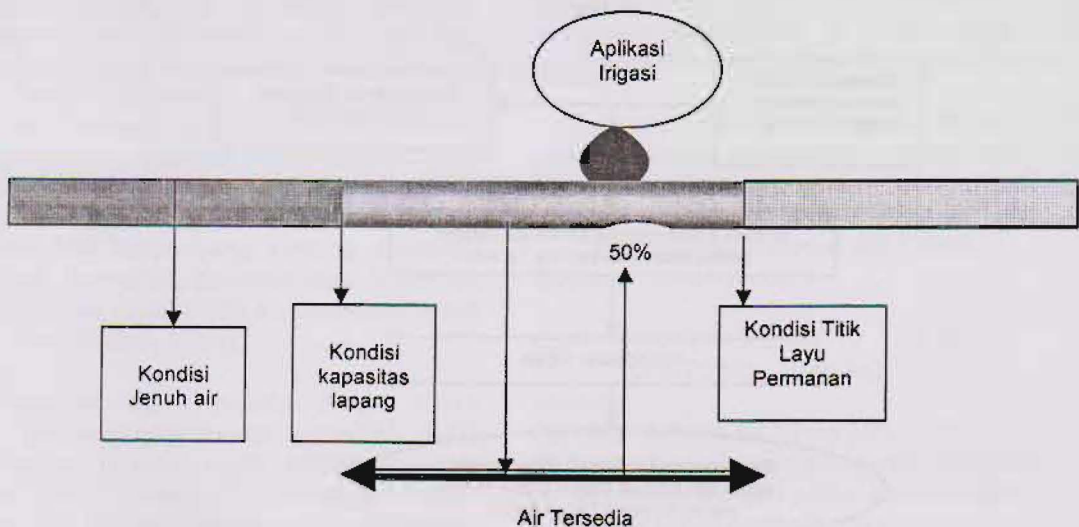
$$\Delta S_L = P + I - ET_a - Q_L - R \quad (8)$$

dimana,
 ΔS_L = perubahan penyimpanan air dari permukaan tanah dengan kedalaman tanah tertentu L (kedalaman perakaran);
 P = curah hujan;
 I = irigasi;
 ET_a = evaporasi aktual;
 Q_L = jumlah air yang hilang oleh drainase sebagai fungsi dari integrasi flux tanah dalam batas area (L); dan
 R = aliran permukaan.

Langkah awal untuk menentukan penjadwalan irigasi adalah dengan menghitung air tersedia bagi tanaman terlebih dahulu. Persamaan 14 adalah menunjukkan bagaimana menghitung nilai air tersedia tersebut.
 Air Tersedia (% volume) = (Kandungan Air Kapasitas Lapang $\theta_{w=-10 kPa}$ - Kandungan Air Titik Layu Permanen θ_{WP}) % volume (9)

Air yang masih diperbolehkan di ambil oleh tanaman dari air tersedia dikenal dengan air segera tersedia (*readly water available*). Dalam rencana aplikasi irigasi akan disusun penjadwalan air irigasi untuk kondisi 40% dari air tersedia habis.
 Air segera tersedia = 0,4 x Air Tersedia(%volume) (10)

Sebagai ilustrasi konsep aplikasi irigasi dapat dilihat pada Gambar 2 Air diberikan sebelum air tersedia habis. Biasanya diberikan setelah 50-75% air tersedia habis.



Gambar 2. Ilustrasi Konsep Aplikasi Irigasi Sebagai Dasar Penjadwalan Irigasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Ketersediaan Air. Analisis evapotranspirasi potensial menunjukkan nilai evapotranspirasi berada pada kisaran 3,1-3,9 mm/hari atau berkisar antara 90–120 mm/bulan. Sementara curah hujan bulanan adalah berkisar antara 57–350 mm/bulan. Kondisi terdapat bulan-bulan dimana terjadi kekurangan air (defisit water) yaitu pada bulan Agustus-September. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara evapotranspirasi potensial dengan curah hujan. Perencanaan irigasi kalender harus sudah diberikan bila kita akan menanam tanaman dari periode bulan Mei-September.

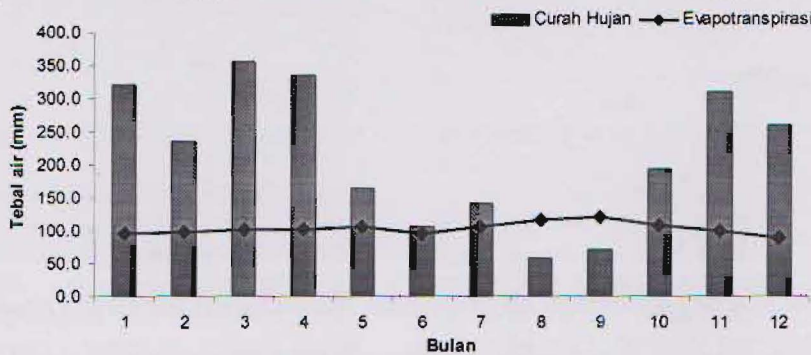
Penjadwalan Irigasi. Perencanaan Irigasi Tanaman. Untuk keperluan irigasi, tanaman harus diberikan air irigasi sebelum kadar air tanah mencapai titik layu permanen. Ini artinya air diberikan sebelum air tersedia habis. Pada kebanyakan tanaman irigasi diberikan setelah 75 % air tersedia habis. Untuk tanaman yang sensitif terhadap kekeringan maka air diberikan pada saat 50 % air tersedia habis (Dorenboos dan Pruit, 1986).

Beberapa kriteria yang diperlukan dalam sistem penjadwalan irigasi adalah kondisi kelembaban tanah dan fase pertumbuhan tanaman. Periode kritis terjadi terutama pada fase awal

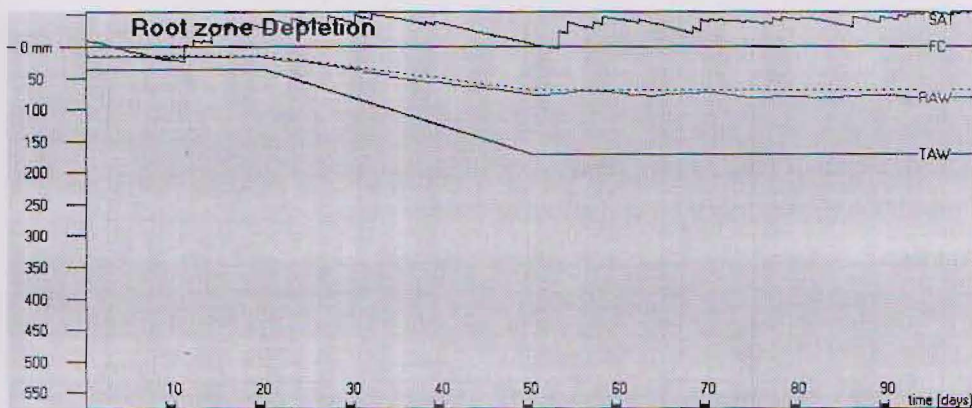
pertumbuhan tanaman, dan awal fase generatif. Aplikasi irigasi harus terkonsentrasi pada kedalaman perakaran tanaman dengan perhitungan kedalaman antara 0-40 cm. Irigasi harus diberikan pada saat kandungan air tanah berada pada kondisi kurang dari 70 % dari kadar air tanah kapasitas lapang (Songhao Shang dkk, 2004).

Aplikasi irigasi (setiap penyiraman) dilakukan dengan menambahkan air ke zona perakaran tanaman (Irigasi mikro) (Benoit, et al, 2004). Irigasi diberikan sampai seluruh ruang pori tanah jenuh air, sehingga frekuensi irigasi akan menjadi lebih jarang. Kondisi ini agar lebih sederhana dalam pengelolaan air. Karena irigasi yang terlalu sering akan menyulitkan petani.

Simulasi komputer dengan menggunakan BUDGET model dilakukan untuk tiga skenario waktu tanam yaitu tanam Jagung di musim penghujan periode Januari-April; periode musim pancaroba yaitu Maret-Mei dan periode musim kemarau yaitu bulan Mei-Juli. Pemberian air irigasi dengan maksud agar status air tanah langsung mencapai kondisi kapasitas lapang. Dari hasil analisis kebutuhan air tanaman menunjukkan bahwa kebutuhan air meningkat sering dengan perkembangan tanaman (perpanjangan akar), dan kembali menurun pada saat tanaman mulai bisa di panen.



Gambar 2. Hubungan Antara Curah Hujan dengan Evapotranspirasi Potensial Bulanan.



Gambar 3. Analisis Dinamika Air Tanah pada Peiode Musim Hujan (Januari - April).

Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim Hujan (Januari-April 2010). Hasil analisis status air tanah dengan menggunakan komputer model BUDGET pada musim hujan (Januari-April) dapat dilihat pada Gambar 3. Analisis keseimbangan air menunjukkan kondisi air selama periode ini lebih berada pada kondisi jenuh, sehingga pada masa ini tidak diperlukan aplikasi irigasi.

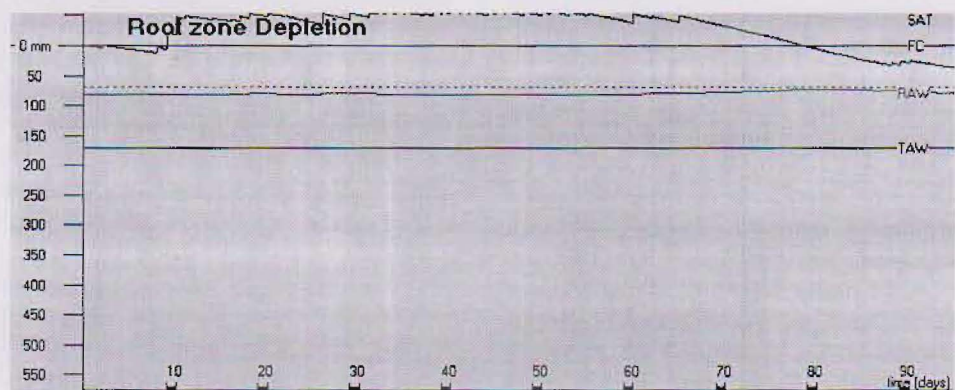
Aplikasi pengelolaan air pada periode ini lebih sebagai drainase (pembuangan) untuk menciptakan kondisi air tanah berada pada kapasitas lapang. Karena kondisi air tanah jenuh (ruang pori total terisi air) lebih dari 3 hari dapat menyebabkan berkurangnya oksigen di zona akar sehingga mengakibatkan kematian tanaman.

Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim Panca roba (Maret-Mei). Analisis dinamika air tanah pada periode Panca-roba (Maret-Mei) menunjukkan hal yang sama dengan periode musim hujan. Kondisi suplai air dari hujan cukup banyak sehingga status air tanah berada dalam

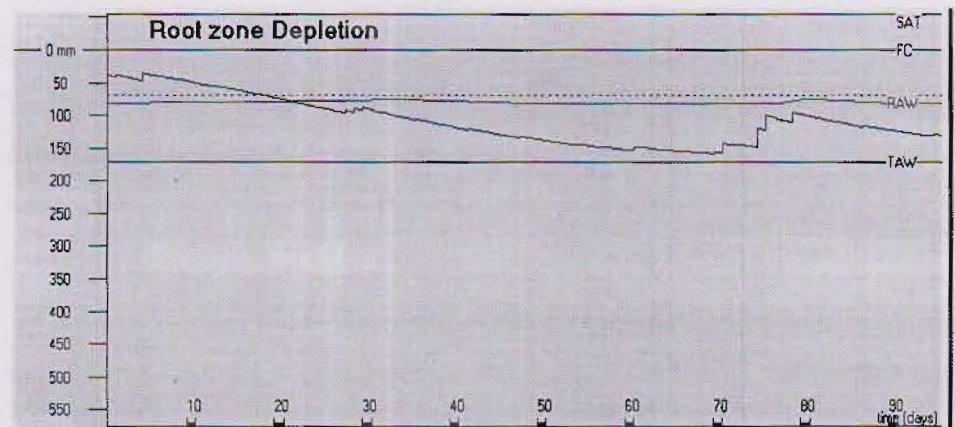
kondisi jenuh air. Oleh karena itu pada periode ini juga tidak diperlukan irigasi.

Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim awal kemarau (Mei-Juli). Analisis dinamika air (Gambar 5), menunjukkan status air tanah mengalami penurunan yang nyata dimana memasuki minggu ketiga air tanah melewati zona kritis (melewati zona air tersedia). Ini menunjukkan bahwa suplai air dari hujan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi. Sehingga diperlukan aplikasi pemberian air (Irigasi).

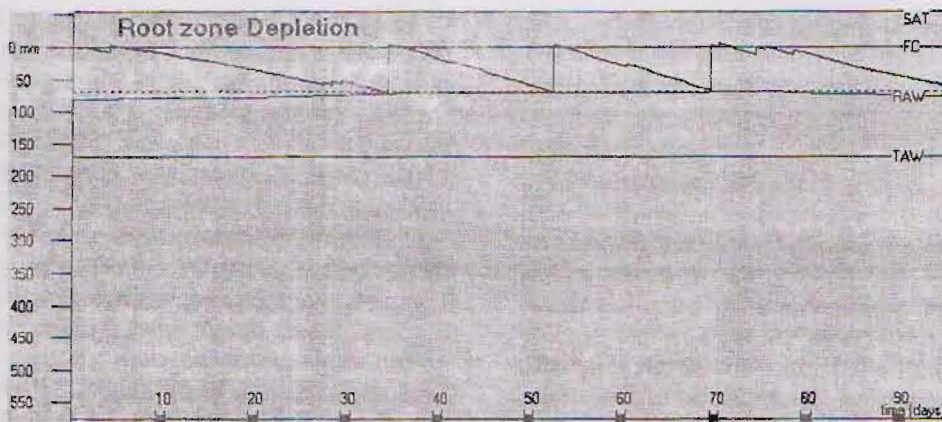
Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa status air tanah turun sampai melebihi batas kritis. Ini artinya tanaman memerlukan irigasi sejak minggu ke tiga. Hasil simulasi aplikasi pemberian air bisa dilihat pada Gambar 6. Penanaman bulan Mei, pada tahap awal pertumbuhan masih ada hujan sehingga tanaman belum perlu disiram. Hujan mulai jarang memasuki minggu ketiga sehingga diperlukan irigasi. Pemberian air cukup dilakukan sebanyak tiga kali yaitu setiap dua minggu sekali.



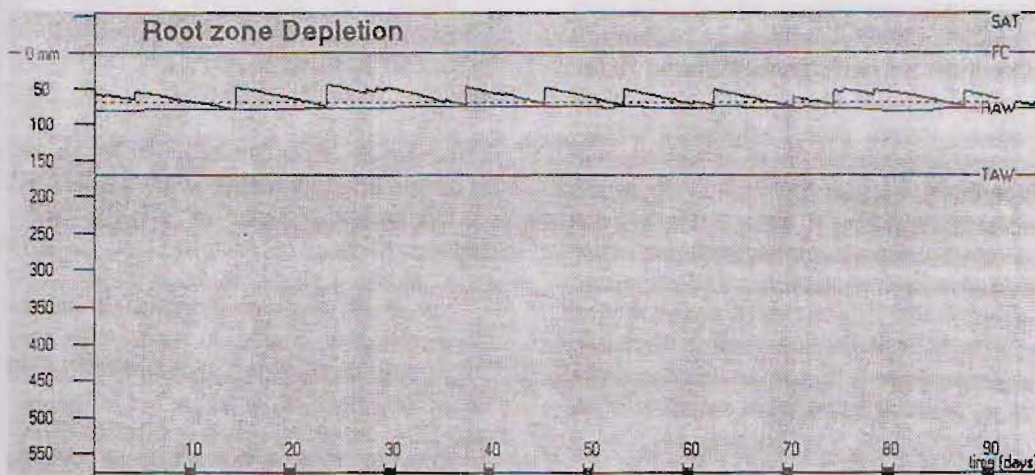
Gambar 4. Analisis Dinamika Air Tanah pada Peiode Musim Pancaroba (Maret-Mei).



Gambar 5. Dinamika Air Tanah pada Kondisi (Mei-Juli).



Gambar 6. Kondisi Muka Air Tanah Setelah Aplikasi Irigasi (Mei-Juli).



Gambar 7. Dinamika Air Tanah pada Kondisi Aplikasi Irigasi Selama Periode Tanam Mei-Juli.

Selanjutnya analisis dilakukan pada kondisi kering atau rumah kaca dengan asumsi tidak ada hujan. Hasil perhitungan komputer BUDGET menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman jagung pada periode tanam bila tidak ada hujan adalah 321,2 mm. Pada kondisi ini aplikasi irigasi diperlukan pada hampir setiap fase pertumbuhan tanaman. Penjadwalan irigasi dilakukan sebanyak 8 kali pemberian dengan interval setiap 7-10 hari (Gambar 7).

Dari Gambar 6 jelas terlihat bahwa interval pemberian air dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman dan curah hujan. Pada kondisi awal interval pemberian air adalah setiap 10 hari, memasuki pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat pemberian air menjadi setiap 7 hari sampai masa pertumbuhan generatif. Kebutuhan air berkurang menjelang tanaman siap panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10 hari.

Tanah di areal studi adalah lempung liat berpasir 47 % ruang pori total artinya air tanah dalam kondisi jenuh adalah 47 %. Sehingga kemampuan tanah menyimpan air untuk kedalaman akar 20 cm adalah sebanyak $(47 \% \times 200 \text{ mm}) = 94 \text{ mm}$. Aplikasi pemberian air dilakukan untuk membuat kondisi tanah berada pada kondisi kapasitas lapang. Kadar air kapasitas lapang adalah 32 %, sehingga untuk mencapai kondisi ini diperlukan air sebanyak $(32 \% \times 200 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$. Kalau irigasi memiliki efisiensi pemberian air 75 % maka diperlukan air sebanyak 80 mm.

Untuk mengurangi kehilangan air akibat penguapan diperlukan upaya konservasi air. Salah satu upaya yang efektif adalah pemberian mulsa. Dengan mulsa maka air tanah bisa dihemat sampai 20 %. Selain itu pengaruh mulsa mampu menjaga kelembaban tanah, temperatur dan juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Komputer model BUDGET efektif digunakan dalam perhitungan dinamika air tanah di zona perakaran tanaman, sekaligus juga merancang aplikasi pemberian air dan interval pemberian air.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi tanam musim hujan sampai musim pancaroba status air tanah menunjukkan kondisi jenuh air dimana pengaruh curah hujan sangat nyata dalam meningkatkan kadar air tanah. Kondisi tersebut menyebabkan lahan tidak perlu mendapat pengairan. Aplikasi pemberian air hanya dilakukan bila petani melakukan penanaman di awal musim kemarau sampai musim kemarau (Mei-Juli). Kebutuhan air irigasi adalah 198 mm dengan aplikasi tiga kali pemberian. Sementara itu untuk kebutuhan air pada kondisi kering (tidak ada hujan) menunjukkan kebutuhan air adalah 321,2 mm. Aplikasi irigasi diperlukan pada hampir setiap fase pertumbuhan tanaman. Penjadwalan irigasi dilakukan sebanyak 9 kali pemberian dengan interval setiap 7 – 10 hari. Pada kondisi awal interval pemberian air adalah setiap 10 hari, memasuki pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat pemberian air menjadi setiap 7 hari sampai masa pertumbuhan generatif. Kebutuhan air berkurang menjelang tanaman siap panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Benoit S, Jérémie L, Pascal C., 2004. Irrigation scheduling of confectionery groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Senegal using a simple water balance model. *J. Agricultural Water Management*, Volume 67, Issue 3, 1 July 2004, Pages 201-220
- Doorenbos dan Pruitt, (1978) dalam Raes (1986). *BUDGET A field water balance model*. Reference Manual. Faculty of Agricultural and Applied Biological Science Institute for Land and Water Management. Katholieke Universiteit Leuven. Belgium. 34 p.
- Evans Robert; Cassel, D.K., Sneed, R.E. 1996. *Soil, Water, And Crop Characteristics Important To Irrigation Scheduling*. North Carolina Cooperative Extension Service. Publication Number: AG 452-1. Last Electronic Revision: June 1996 (KNS).
- Imanudin, M.S., Susanto, R.H. 1995. *Penggunaan kurva karakteristik kelembaban tanah dan data iklim dalam perhitungan neraca air tanaman kedelai dan jagung*. [Skripsi] Jurusan Tanah Faperta Unsri. Palembang.
- Imanudin, M.S., Susanto R.H., Zainudi A. 1997. *Analisis kemampuan menahan air beberapa contoh tanah sebagai dasar perencanaan irigasi di Sumatera Selatan*. Prosiding Seminar Nasional PATETA, Bandung, ISBN No. 979-95242-0-2.
- Imanudin, M.S., Tambas. D. 2002. Penentuan jumlah dan waktu pemberian air irigasi tanaman cabai melalui informasi data iklim, tanaman dan tanah. *Jurnal Agrista* Vol: XII, Desember 2002. ISSN: 1410-3389.
- Songhao Shang , Xichun Li, Xiaomin Ma, Zhidong Lei . 2004. Simulation of water dynamics and irrigation scheduling for winter wheat and maize in seasonal frost areas. *Agricultural Water Management Journal* 68 (2004) 117–133.
- Yoo, S.H Jin-Yong Choi, J.Y. Min-Won Jang, M.W. 2008. Estimation of design water requirement using FAO Penman–Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. *Agricultural Water Management* 95 (2008) 845–853
- Zotarelli, L, Johannes M. Scholberg, Michael D. Dukes, Rafael Munoz-Carpena, Jason I. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling *Agricultural Water Management* 96 (2009) 23–34.