

Management Allowable Depletion (MAD) Level untuk Efisiensi Penggunaan Air Tanaman Cabai pada Tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung

Management Allowable Depletion (MAD) Level for Water Use Efficiency of Chili on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, Lampung

UMI HARYATI¹, N. SINUKABAN², K. MURILAKSONO³, DAN A. ABDURACHMAN¹

ABSTRAK

Kelangkaan air (*water scarcity*) merupakan faktor utama menurunnya produksi dan gagal panen di lahan kering. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air oleh tanaman, konsep *Management Allowable Depletion (MAD)* dapat diterapkan. MAD adalah derajat kekeringan tanah yang masih diperbolehkan untuk menghasilkan produksi tanaman optimum. Penelitian bertujuan untuk : 1) menentukan *MAD-level* agar tercapai efisiensi penggunaan air yang optimum, 2) mengetahui pengaruh sumber air irigasi terhadap efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*). Penelitian dilaksanakan pada tanah Typic Kanhapludults di Kebun Percobaan Tamanbogo, Lampung Timur pada musim kemarau (MK) tahun 2005. Tanaman indikator yang digunakan adalah cabai (*Capsicum annum*). Petak percobaan berukuran 5 x 10 m, menggunakan rancangan petak terpisah (*Split-plot design*) dengan 3 ulangan. Perlakuan adalah sumber air irigasi (petak utama) yang terdiri atas: A₁ = air tanah, A₂ = air permukaan dan level MAD (anak petak) yaitu : I₁ = 20% air tersedia, I₂ = 40% air tersedia, I₃ = 60% air tersedia, I₄ = 80% air tersedia, dan I₅ = 100% air tersedia. Irigasi diberikan pada saat kadar air dalam tanah mencapai 20, 40, 60, 80% air tersedia atau kehilangan air dalam tanah mencapai 80, 60, 40 dan 20% dari air tersedia, masing-masing untuk I₁, I₂, I₃, dan I₄. Untuk I₅ irigasi diberikan setiap hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Level MAD 60% air tersedia (I₃) dengan volume pemberian irigasi 9,6 mm setiap tiga hari sekali memberikan hasil tanaman dan penggunaan air yang paling optimum, sehingga mencapai efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*) yang tertinggi. Sumber air irigasi yang berasal dari air permukaan mempunyai kualitas yang lebih baik dari air tanah. Air permukaan menghasilkan pertumbuhan, hasil tanaman dan efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan air tanah.

Kata kunci : MAD, Air tanah, Air permukaan, Efisiensi penggunaan air, Cabai

ABSTRACT

Water scarcity is the main factor causing crop production decrease and harvest failure in the upland areas. To improve water use efficiency by plants, Management Allowable Depletion (MAD) concept can be applied. MAD is the degree of soil dryness that still lead to optimum crop yield. This research was aimed to: 1) determine a correct MAD-level in order to achieve the optimum water use efficiency and 2) evaluate the effect of irrigation water sources on water use efficiency. The research was carried out on a Typic Kanhapludults at Tamanbogo Experimental station, East Lampung in dry season of 2005. Chili (*Capsicum annum*) was used as an indicator crop. The size of experimental plot was 5 x 10 m, that was arranged in split-plot design with 3 replications. The

treatments were irrigation water sources designed as main plot which consisted of: A₁ = ground water A₂ = surface water, while MAD-level was designed as sub-plot, which consisted of : I₁ = 20% of available water, I₂ = 40% of available water, I₃ = 60% of available water, I₄ = 80% of available water, and I₅ = 100% of available water. Irrigation was provided to reach 80, 60, 40, and 20% available water respectively. For the I₅ treatment, irrigation was applied every day. The results showed that MAD-level of 60% of available water (I₃) with the average of 9.6 mm of irrigation water, applied every three days, gave the most optimum crop yield and water use, thus achieving the highest water use efficiency. The surface irrigation water had a better quality than ground water, leading to a better plant growth, a higher crop yield and a higher water use efficiency than ground water.

Keywords : MAD, Ground water, Surface water, Water use efficiency, Chili

PENDAHULUAN

Potensi lahan kering di Indonesia sangat besar dengan luas 143,95 juta ha (Hidayat dan Mulyani, 2005) dan yang sesuai untuk pertanian mencapai 76,3 juta ha (Puslitbangtanak; 2001; Abdurachman *et al.*, 2005). Ultisol menempati sebagian besar (31,33%) lahan kering di Indonesia (Hidayat dan Mulyani, 2005). Namun demikian produktivitas lahan kering umumnya rendah karena terkendala oleh kelangkaan air (Irianto *et al.*, 1998). Krishnappa *et al.* (1999) mengemukakan bahwa produksi tanaman di lahan kering merupakan fungsi kelembapan tanah baik secara spatial maupun temporal selama periode pertumbuhan tanaman. Distribusi hujan yang tidak pasti merupakan faktor yang memberikan kontribusi paling besar dibandingkan faktor-faktor lainnya. Perbaikan

-
1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.
 2. Guru besar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
 3. Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

ketersediaan air merupakan prioritas dalam pengelolaan lahan kering pada musim kemarau, karena irigasi di daerah tropika sering memberikan keuntungan terhadap produksi tanaman (Bakker *et al.*, 1999; Renault *et al.*, 2001).

Luas lahan kering di Provinsi Lampung sekitar 2.749.000 ha yang didominasi oleh tanah masam (81,4%). Hasil analisis neraca air (Sutono *et al.*, 2007) di KP Tamanbogo, Lampung Timur menunjukkan bahwa pada umumnya terjadi defisit air pada bulan Mei-Oktober dan surplus pada bulan November-April. Petani biasa menanam palawija dan atau hortikultura bernilai ekonomi tinggi pada bulan-bulan defisit air tersebut dengan menggunakan irigasi suplemen.

Irigasi suplemen tersebut telah terbukti meningkatkan produksi palawija dan hortikultura, indeks pertanaman dari 200 menjadi 300% serta meningkatkan pendapatan petani (Sutono *et al.*, 2001; Soelaeman *et al.*, 2001; Talao'hu *et al.*, 2003). Namun irigasi tersebut masih belum efisien, Sutono *et al.* (2001) mengemukakan di Lampung Tengah terjadi pemborosan air irigasi sebanyak 10.5 mm hari⁻¹. Diperlukan tindakan nyata guna mengurangi kebutuhan air irigasi menjadi 65-70% dengan menekan kehilangan air dan meningkatkan efisiensi (Partowijoto, 2002). Selama ini kadar air sebesar 50% air tersedia dijadikan dasar umum untuk memberikan air irigasi untuk tanaman. Prinsip dasar ini tidak tepat untuk diterapkan pada tanah-tanah liat yang memiliki sifat mengembang dan mengkerut dan tanah-tanah pasir (Withers and Vipond, 1974).

Untuk menentukan jumlah dan frekuensi pemberian air irigasi, perlu diketahui nilai batas penurunan kadar air tersedia yang masih mampu menghasilkan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency/WUE*). Pendekatan tersebut dinamakan *Management Allowable Depletion (MAD)*, yang diartikan sebagai derajat kekeringan tanah yang masih diperbolehkan untuk menghasilkan produksi tanaman optimum (James, 1988). Konsep ini

mempunyai keunggulan dibandingkan metode lainnya, yaitu data yang dipakai lebih aktual, mempertimbangkan dinamika kadar air dalam tanah dan dapat diterapkan secara spesifik lokasi. Metode Cropwhat (FAO, 1998) dan WARM (Runtunuwu *et al.*, 2004) *input* datanya merupakan rata-rata dari serangkaian data sebelumnya yang diperoleh dari lokasi yang mewakili wilayah tertentu, sehingga lebih bersifat umum dan kurang aktual.

Untuk memenuhi kebutuhan air tanaman pada musim kemarau, air tanah dan air permukaan merupakan alternatif sumber irigasi suplemen. Kedua sumber irigasi tersebut mempunyai kualitas yang berbeda yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, sehingga berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan air. Menurut Jhorar *et al.* (2009), air tanah mempunyai kualitas yang lebih jelek dari air permukaan. Penelitian bertujuan untuk :

- a) menentukan batas penurunan kapasitas air tersedia yang masih menghasilkan produksi optimum (*MAD-level*) untuk penetapan pemberian air irigasi suplemen (jadual, volume, dan frekuensi), agar tercapai efisiensi penggunaan air yang optimum dan
- b) mengetahui pengaruh sumber air irigasi yang berbeda terhadap efisiensi penggunaan air.

METODE PENELITIAN

Penelitian lapangan dilaksanakan di Kebun Percobaan Tamanbogo, Kabupaten Lampung Timur, dari bulan Juni sampai dengan bulan Desember 2005. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanah Bogor.

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu: 1) identifikasi dan karakterisasi sifat tanah awal, dilaksanakan di lapangan dan laboratorium, 2) penelitian di laboratorium untuk karakterisasi sifat fisik (kurva pF dan penetapan kapasitas air tersedia/KAT) dan kimia tanah, serta 3) percobaan lapangan yaitu : penetapan nilai batas *MAD level* untuk penjadwalan irigasi pada pertanaman cabai.

Identifikasi dan karakterisasi sifat tanah awal

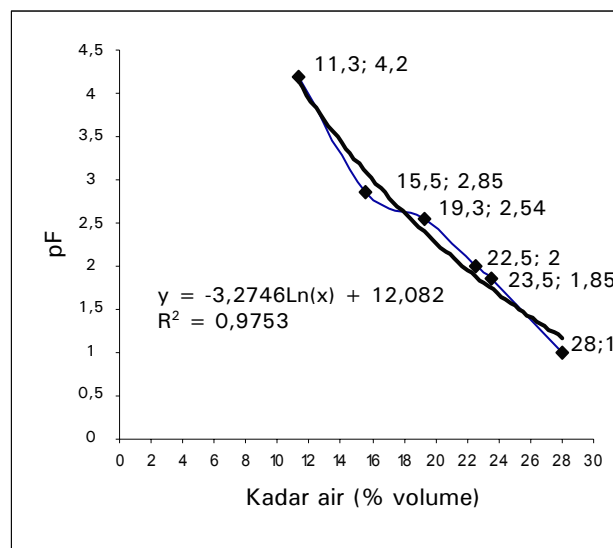
Identifikasi dan karakterisasi sifat tanah dilakukan dengan pengamatan profil tanah dan analisis sifat kimia setiap horizon tanah. Sebelum percobaan dilaksanakan, dilakukan pengambilan *ring soil sample* untuk analisis sifat fisik, dan sampel komposit untuk sifat kimia tanah. Pengambilan contoh tanah baik ring sample maupun contoh komposit dilakukan pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm, untuk setiap plot percobaan (masing-masing sebanyak 30 sampel (2 x 5 perlakuan, tiga ulangan). Sifat-sifat fisika tanah yang dianalisis adalah : *bulk density* (BD), ruang pori total (RPT), distribusi ukuran pori (kadar air pada pF 1; 2; 2,54; dan 4,2), distribusi ukuran partikel/tekstur, permeabilitas, perkolasi, dan stabilitas agregat. Sementara sifat-sifat kimia tanah yang dianalisis adalah : pH (H₂O dan KCl), C-organik, N-total, serta P₂O₅, dan K₂O (dalam HCl 25%), kapasitas tukar kation (KTK), basa-basa dapat ditukar, kejenuhan basa (KB), serta Al_{dd} dan H_{dd}.

Penetapan kurva pF dan kapasitas air tersedia

Pengukuran kadar air pada saat kapasitas lapang, menggunakan metode drainase internal (*internal drainage*), ditetapkan di lapangan (Hillel, 1990) dengan menggunakan petak 1 x 1 m dengan tensiometer dipasang di tengah petakan sedalam 30 cm. Petakan diairi hingga jenuh, kemudian dibiarkan beberapa waktu hingga proses drainase internal terjadi. Kapasitas lapang tercapai jika potensial air tanah berubah menjadi relatif konstan. Selanjutnya nilai konstan potensial air tanah dikonversi ke kadar air dengan menggunakan kurva pF yang telah ditetapkan sebelumnya. Sedangkan titik layu permanen dapat dipertimbangkan konstan.

Kurva pF dibuat dari data kadar air pada pF 1; 2; 2,54; dan 4,2. Kapasitas air tersedia (*available water capacity/AWC*) ditetapkan dengan menghitung selisih nilai kadar air pada saat kapasitas lapang (KL) dengan saat titik layu permanen (TLP = pF 4,2). Nilai kadar air pada kapasitas lapang diperoleh dari metode *internal drainage*.

Kurva pF (Gambar 1) yang merupakan gabungan data yang diperoleh dari laboratorium dan lapangan (*internal drainage*) dipakai untuk menentukan nilai kadar air tanah pada masing-masing perlakuan MAD. Nilai kadar air (KA) pada perlakuan MAD 20% air tersedia (AT) adalah KA TLP + 20%(KA AT) = 17,1% volume (15,5% + (20% x 8%) = 17,1%) dan selanjutnya 18,7; 20,3; 21,9; dan 23,5% volume, masing-masing untuk perlakuan MAD 40, 60, 80, dan 100% air tersedia. Kadar air berasosiasi dengan tegangan air yang terbaca pada tensiometer yang selanjutnya dipakai sebagai dasar pemberian irigasi masing-masing perlakuan level MAD. Irigasi diberikan pada saat kadar air yang diinginkan untuk masing-masing level MAD tercapai yang diindikasikan oleh nilai tegangan air tanah yang terbaca pada tensiometer. Irigasi diberikan pada saat tensiometer menunjukkan angka 572,0; 292,5; 158,0; 89,4; dan 63,0 mBar dengan volume pemberian air irigasi sebanyak 960, 720, 480, 240, dan 160 l plot⁻¹ masing-masing untuk level MAD 20, 40, 60, 80, dan 100% air tersedia (Tabel 1).



Gambar 1. Kurva pF untuk menentukan tegangan air (angka tensiometer) dan volume irigasi

Figure 1. pF curve for determining water tension (on tensiometer) and irrigation volume

Volume air irigasi yang diberikan tergantung kepada banyaknya air tersedia dalam tanah. Air tersedia semakin tinggi dengan semakin tingginya level MAD dan berbanding terbalik dengan volume air irigasi yang harus diberikan setiap kali penyiraman. Hal ini karena semakin tinggi level MAD, semakin tinggi kadar air yang harus dipertahankan di dalam tanah, sehingga air tersedia pun semakin tinggi. Dengan demikian, volume irigasi yang harus diberikan setiap kali pemberian menjadi semakin rendah, dengan semakin tingginya level MAD (Tabel 1).

Tabel 1. Air tersedia, kadar air, pF, tegangan air tanah, dan irigasi yang diberikan pada setiap perlakuan MAD pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo

Table 1. Available water, moisture content, pF, soil water tension, and irrigation given on each MAD level treatments on Typic Kanhapludults at Tamanbogo

MAD	AT*)	KA	pF	TA	Irigasi
% AT	mm	% vol		mBar	l plot ⁻¹
20 (I ₁)	4,8	17,1	2,77	572,0	960
40 (I ₂)	9,6	18,7	2,47	292,5	720
60 (I ₃)	14,4	20,3	2,21	158,0	480
80 (I ₄)	19,2	21,9	1,96	89,4	240
100 (I ₅)	24,0	23,5	1,85	63 sd 70	160

*) kedalaman 30 cm

MAD = *management allowable depletion*, AT = air tersedia, KA = kadar air, TA = tegangan air tanah

Percobaan lapangan : penetapan nilai MAD level untuk penjadwalan irigasi pada tanaman cabai

Kedalaman dan interval irigasi ditentukan berdasarkan data kadar air (diukur dengan tensiometer) pada setiap pertumbuhan maksimum perakaran tanaman, sebagai berikut :

$$W = ((\theta_{fc} - \theta_{MAD}) 100^{-1}) \times D \dots\dots\dots (1)$$

W adalah jumlah air yang ditambahkan (mm), θ_{fc} dan θ_{MAD} masing-masing adalah kadar air (% volume) pada kapasitas lapang dan kadar air pada

level MAD yang dicobakan, dan D adalah kedalaman akar (mm). Setelah level MAD yang diinginkan tercapai yang diindikasikan dengan potensial air pada setiap perlakuan (Tabel 1), kemudian pemberian air irigasi dilakukan hingga batas kapasitas lapang. Tensiometer dipasang dengan kedalaman *cup* 10-20 cm. Sumber air irigasi yang digunakan yaitu air tanah dan air permukaan yang berasal dari embung/kolam.

Pompa air berkekuatan 6 PK digunakan untuk mengalirkan air dari sumber air ke areal pertanian dengan sistem *sprinkler* dengan *nozle* dipasang pada ketinggian 1,25 m. Tanaman indikator adalah cabai merah varietas TM 99. Petak percobaan berukuran 5 x 10 m, menggunakan rancangan petak terpisah dengan tiga ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah : Sumber air irigasi (petak utama), yaitu A₁ = air tanah, dan A₂ = air permukaan, dan level MAD (anak petak) yang terdiri atas I₁ = 20% air tersedia, I₂ = 40% air tersedia, I₃ = 60% air tersedia, I₄ = 80% air tersedia, dan I₅ = 100% air tersedia.

Irigasi diberikan pada saat kadar air dalam tanah mencapai 20, 40, 60, 80% air tersedia atau kehilangan air dalam tanah mencapai 80, 60, 40, dan 20% dari air tersedia, masing-masing untuk I₁, I₂, I₃, dan I₄. Untuk I₅, irigasi diberikan setiap hari, sampai mencapai kapasitas lapang (100% air tersedia). Untuk mengetahui kualitas air irigasi yang berasal dari air tanah dan air permukaan, dilakukan analisis kimia terhadap kandungan ion dan kation bebas lumpur serta total hara yang terkandung di dalamnya.

Pupuk dasar berupa urea, SP-36, dan KCl diberikan masing-masing sebanyak 300, 150, dan 100 kg ha⁻¹, serta pupuk kandang sebanyak 10 t ha⁻¹.

Efisiensi penggunaan air dihitung dengan rumus :

$$\Delta S = P + I - Et_{cr} - q_{zr} - R \dots\dots\dots (2)$$

ΔS adalah perubahan cadangan air tanah (mm), P adalah jumlah curah hujan (mm), I adalah jumlah pemberian air irigasi (mm), Et_{cr} adalah

evapotranspirasi (mm), q_{zr} adalah flux air tanah pada kedalaman perakaran (mm)/perkolasi, dan R adalah *run-off* (mm). Percobaan dilaksanakan di lahan kering dan pada musim kemarau sehingga tidak pernah jenuh air dan topografinya relatif datar, akibatnya komponen q_{zr} (perkolasi) dan R (*run-off*) menjadi tidak ada (nol), sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\Delta S = (P + I) - E_{tcr} \dots\dots\dots (3)$$

Perubahan cadangan air tanah pada kedalaman pemberian air irigasi dihitung dengan rumus :

$$[\Delta S]_{zr}^0 = S_{t2} - S_{t1} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_t = \theta_t \cdot dz \dots\dots\dots (5)$$

$[\Delta S]_{zr}^0$ adalah perubahan cadangan air tanah (mm), S_t adalah cadangan air tanah pada waktu tertentu (mm), θ_t adalah kadar air tanah pada basis volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), dan dz adalah kedalaman irigasi (mm). Jumlah air yang dibutuhkan tanaman (*water use*) dihitung menggunakan rumus :

$$WU (E_{tcr}) = (P + I) - [\Delta S]_{zr}^0 \dots\dots\dots (6)$$

WU adalah jumlah air yang dibutuhkan tanaman (mm). Efisiensi penggunaan air (*water use efficiency/WUE*) adalah hasil tanaman berupa bobot buah segar cabai dari setiap unit pemberian air irigasi, dan dihitung menggunakan rumus :

$$WUE = \text{Hasil} \cdot WU^{-1} \dots\dots\dots (7)$$

Perlakuan diaplikasikan pada saat tanaman berumur 2-3 minggu di lapangan, sedangkan sebelumnya irigasi yang diberikan hanya berupa pemeliharaan dan jumlahnya sama untuk setiap plot percobaan.

Data setiap variabel dianalisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Untuk melihat pengaruh beda nyata akibat perlakuan serta interaksinya dilakukan uji jarak berganda Duncan (DMRT = *duncan multiple range test*) pada taraf 5%. Model analisis statistik yang digunakan berupa model linier aditif dari rancangan petak terpisah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah

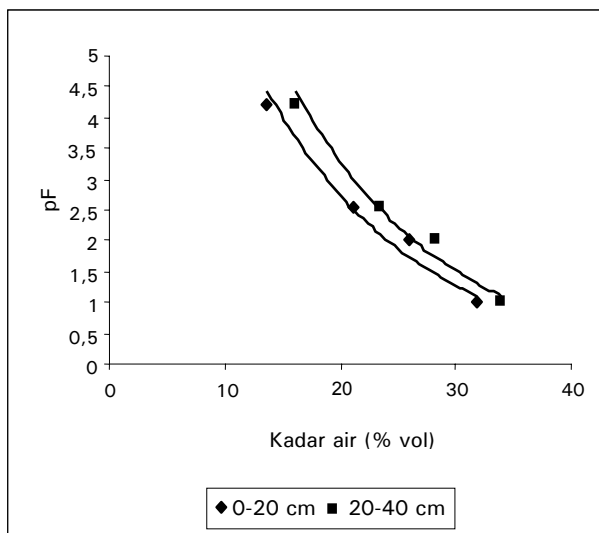
Lokasi penelitian terletak pada fisiografi dataran tuff masam, berbahan induk tuff masam, topografi datar agak berombak dengan lereng 0-3%, posisi pada bagian punggung dataran, berdrainase sedang, dan permeabilitas sedang. Berdasarkan hasil deskripsi profil tanah dan hasil analisis kimia masing-masing horison, tanah di lokasi penelitian mempunyai epipedon ochric serta horison penciri kandik, sehingga diklasifikasikan ke dalam Typic Kanhapludults.

Hasil analisis tanah di laboratorium menunjukkan bahwa tanah di lokasi percobaan mempunyai sifat fisik yang kurang baik dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Tanah tersebut mempunyai BD (*bulk density*) cukup tinggi ($1,5 \text{ g cm}^{-3}$), ruang pori total sebesar 40,7% volume pada lapisan atas dan 44,5% volume pada lapisan bawah. Pori drainase cepat tergolong sedang, dan pori drainase lambat sangat rendah. Air tersedia termasuk kategori rendah dan permeabilitas tergolong sedang. Tekstur tanah lempung liat berpasir pada lapisan 0-20 cm dan liat pada kedalaman 20-40 cm. Stabilitas agregat tidak stabil dan perkolasi agak cepat sampai cepat. Tanah tersebut mempunyai kemampuan memegang air yang rendah.

Hasil analisis sifat kimia tanah menunjukkan bahwa tanah di lokasi percobaan mempunyai kesuburan kimia tanah sangat rendah. Hal ini tercermin dari pH yang sangat masam ($<4,5$) dan kandungan bahan organik (C dan N) yang sangat rendah dengan C/N rasio yang rendah. Kandungan P_2O_5 (dalam HCl 25%) tergolong rendah pada lapisan 0-20 cm dan sangat rendah pada lapisan 20-40 cm. K_2O tergolong sangat rendah. Selain itu, tanah di lokasi percobaan juga mempunyai nilai KTK yang sangat rendah dengan kandungan basa-basa (Ca, Mg, K, dan Na) yang sangat rendah sehingga mempunyai KB (kejenuhan basa) yang sangat rendah pada lapisan 0-20 cm dan rendah pada lapisan 20-40 cm.

Kurva pF, kadar air kapasitas lapang, dan air tersedia

Gambar 2 menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian mempunyai karakteristik retensi air berbeda antara lapisan permukaan (0-20) cm dan lapisan bawahnya (20-40) cm. Pada lapisan permukaan, tanah lebih cepat meloloskan air, sedangkan pada lapisan bawah, tanah lebih dapat meretensi air. Hal ini karena tanah di lapisan atas/ permukaan bertekstur lempung liat berpasir, dengan kandungan pasir yang relatif tinggi (59,7%), sedangkan tanah di lapisan bawah bertekstur liat, dengan kandungan liat yang tinggi (51%). Kekuatan retensi ini juga ditunjukkan dengan nilai kadar air (% volume) yang lebih tinggi baik pada pF 1; 2; 2,54; maupun 4,2 pada lapisan 20-40 cm.

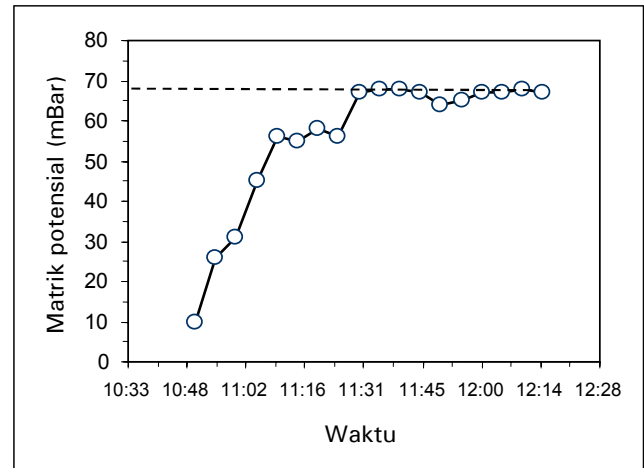


Gambar 2. Kurva pF tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung Timur

Figure 2. pF curve of Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Kapasitas lapang pada metode drainase internal dicapai pada matrik potensial ± 70 mBar (Gambar 3).

Hasil pengukuran kadar air pada kondisi tersebut adalah 23,5% volume. Nilai ini disebut sebagai kadar air pada kondisi kapasitas lapang. Air tersedia yang diperoleh dari kurva pF adalah 8% volume (Gambar 2).

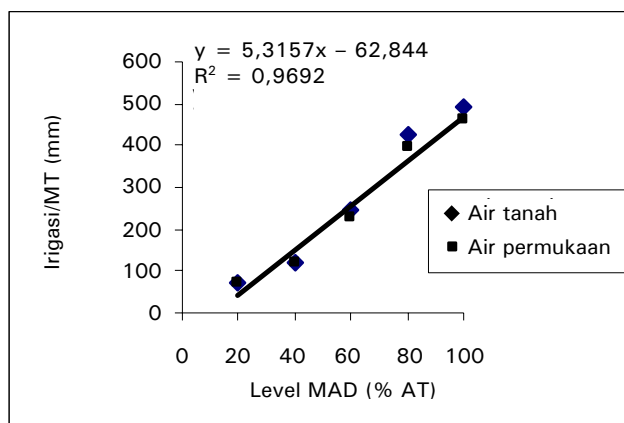


Gambar 3. Dinamika matrik potensial pada penetapan kadar air kapasitas lapang dengan metode internal drainage

Figure 3. The dynamic of potencial matric on determining field capacity moisture content with internal drainage method

Volume dan jadwal pemberian air irigasi

Sumber air irigasi tidak berpengaruh terhadap volume irigasi yang diberikan, sedangkan level MAD berkorelasi positif nyata dengan volume irigasi. Total volume irigasi selama pertanaman berbanding lurus dengan level MAD, dengan koefisien determinasi yang tinggi ($R^2 = 0,97$). Keeratan hubungan tersebut juga tercermin dari koefisien regresi yang cukup tinggi (5,3) (Gambar 4). Ini karena semakin tinggi level MAD, air yang harus dipertahankan dalam tanah semakin tinggi, sehingga interval irigasi semakin pendek, akibatnya total pemberian air lebih tinggi.



Gambar 4. Hubungan level MAD dengan irigasi yang diberikan untuk cabai pada tanah Typic Kanhapludults, Tamanbogo

Figure 4. The relationship between MAD level and irrigation volume of Chili on Typic Kanhapludults at Tamanbogo

Interval pemberian irigasi berhubungan erat dengan volume irigasi yang harus diberikan untuk mencapai kapasitas lapang pada masing-masing perlakuan MAD. Pada saat kapasitas lapang, air tersedia adalah 24 mm (8% volume x 30 cm) untuk kedalaman perakaran 30 cm. Dengan demikian irigasi yang harus diberikan adalah 19,2; 14,4; 9,6; 4,8; dan 3,2 mm masing-masing untuk perlakuan MAD 20, 40, 60, 80, dan 100% air tersedia. Besarnya evapotranspirasi adalah 2,3; 2,5; 2,9; 3,8; dan 4,2 mm masing-masing untuk perlakuan MAD 20, 40, 60, 80, dan 100% air tersedia. Selang pemberian irigasi adalah volume irigasi yang harus diberikan per pemberian (mm) dibagi evapotranspirasi (mm hari⁻¹). Interval pemberian irigasi, yaitu 8, 6, 3, 1, dan 1 hari, masing-masing untuk level MAD 20, 40, 60, 80, dan 100% air tersedia (apabila tidak ada hujan). Level MAD 80 dan 100% air tersedia mempunyai interval yang tidak berbeda (Tabel 2). Apabila ada hujan, angka pada tensiometer dipakai sebagai dasar untuk penyiraman.

Tabel 2. Irigasi, evapotranspirasi, dan interval irigasi untuk tanaman cabai pada setiap level MAD pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo

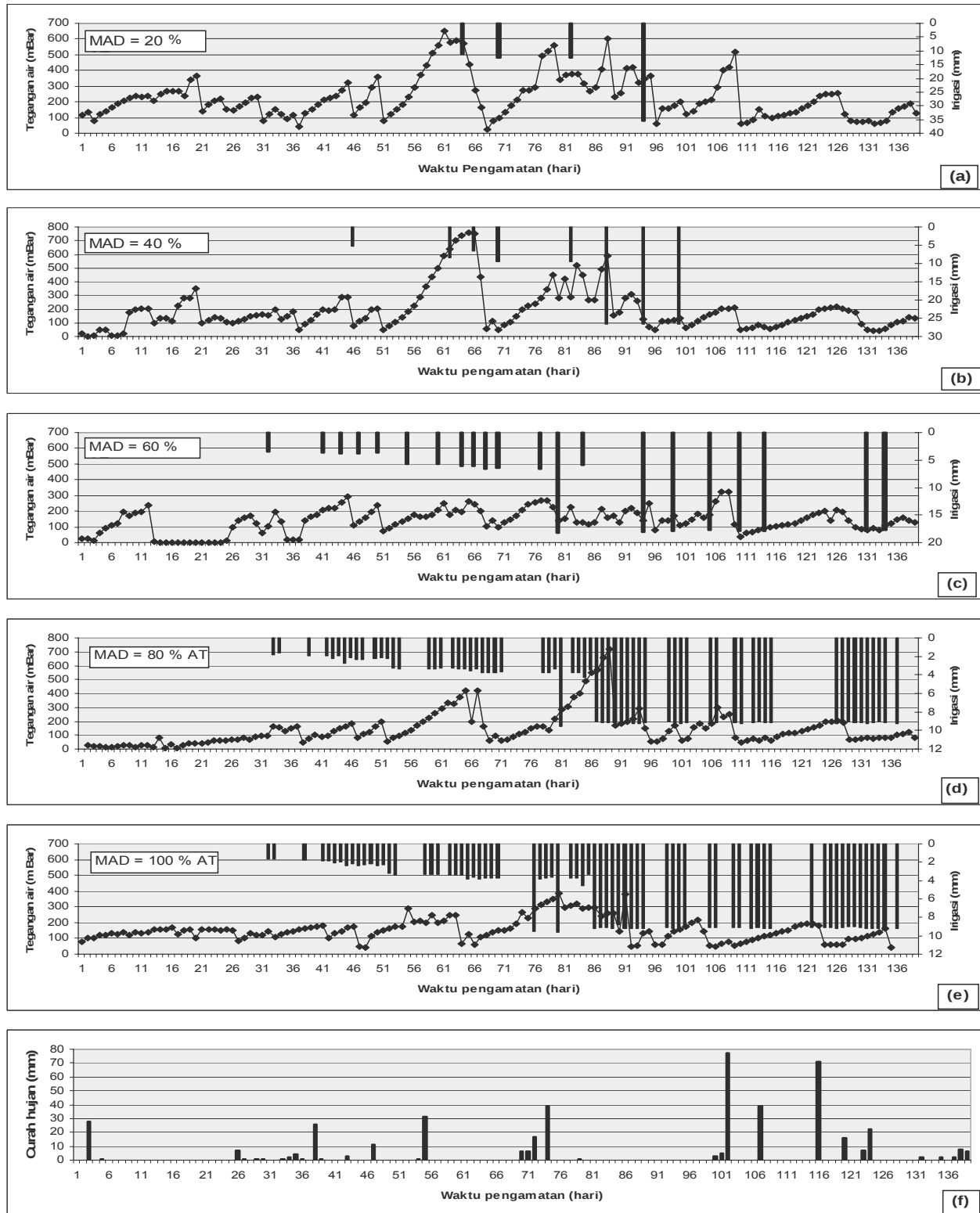
Table 2. Irrigation, evapotranspiration and irrigation interval for Chili on each MAD level on Typic Kanhapludults at Tamanbogo

Level MAD	Irigasi	Etc	Interval irigasi
% AT	mm	mm hari ⁻¹	hari
20 (I ₁)	19,2	2,3	8
40 (I ₂)	14,4	2,5	6
60 (I ₃)	9,6	2,9	3
80 (I ₄)	4,8	3,8	1
100 (I ₅)	3,2	4,2	1

Keterangan : MAD = *management allowable depletion*, AT = air tersedia, ETCr = evapotranspirasi (dari hasil penelitian sebelumnya)

Fluktuasi tegangan air tanah

Level MAD terlihat berpengaruh terhadap fluktuasi tegangan air tanah (Gambar 5). Apabila membandingkan Gambar 5a sampai 5e, terlihat bahwa perlakuan level MAD 60% air tersedia (I₃) (Gambar 5c), mempunyai fluktuasi yang paling rendah yaitu berkisar pada nilai < 50 sampai 300 mBar, dengan rata-rata 138 mBar. Berdasarkan kurva pF, kondisi kapasitas lapang berada pada pF 2,54 atau setara dengan ± 300 mBar, sehingga ini merupakan kondisi tegangan air yang ideal bagi tanaman, karena air diretensi tidak lebih dari tegangan air pada kapasitas lapang (± 300 mBar). Sedangkan pada perlakuan level MAD 20% (I₁) dan 40% air tersedia (I₂), ada periode dimana tegangan air berada pada kisaran yang melebihi kondisi kapasitas lapang (> 300 mBar). Hal ini akan berpengaruh kepada kemampuan akar tanaman untuk mengekstrak air dari tanah. Dengan demikian, perlakuan level MAD 60% air tersedia (I₃) tanaman akan lebih mudah mengekstrak air, karena air diretensi pada tegangan yang lebih rendah dibandingkan pada perlakuan level MAD yang lainnya, sehingga tidak terjadi cekaman air sepanjang pertumbuhannya. Demikian pula halnya pada perlakuan level MAD 80% (I₄) dan MAD 100% air tersedia (I₅).



Gambar 5. Fluktuasi tegangan air tanah dan irigasi untuk masing-masing level MAD serta curah hujan selama pertanaman cabai pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung Timur

Figure 5. The fluctuation of soil water tension, irrigation, and rainfall for each MAD level during Chili cultivation on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Tedeschi dan Zerbi (1984) *dalam* Dalla Costa dan Gianquinto (2002), menyatakan bahwa untuk mendapatkan pertumbuhan, hasil, dan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency* = WUE) tanaman cabai yang maksimum rata-rata potensial air tanah di zone perakaran tidak boleh di bawah -100 kPa. Peneliti lain (Hedge *dalam* Dalla Costa and Gianquinto, 2002) melaporkan bahwa potensial air tanah sebaiknya dipertahankan antara -45 kPa dan -65 kPa pada lapisan 0,15 m dari permukaan tanah, karena pada -85 kPa pertumbuhan dan hasil sudah mulai dipengaruhi. Smittle *et al.* (1994) *dalam* Dalla Costa dan Gianquinto (2002) menunjukkan bahwa hasil dan WUE tanaman cabai mencapai nilai yang tertinggi ketika irigasi diberikan pada -25 kPa pada kedalaman 0,10 m dibandingkan pada -50 dan -75 kPa.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa semakin tinggi level MAD semakin tinggi frekuensi pemberian air irigasi. Irigasi diberikan sebanyak 4, 8, 22, 69, dan 77 kali, masing-masing pada perlakuan level MAD 20, 40, 60, 80, dan 100% air tersedia, selama pertanaman cabai berada di lapangan tanpa memperhitungkan pemberian air pada waktu pemeliharaan, sebelum perlakuan diberikan. Frekuensi penyiraman berpengaruh terhadap tegangan air tanah, karena semakin tinggi frekuensi penyiraman, semakin tinggi volume air yang diterima. Hal ini menyebabkan kelembapan tanah menjadi lebih

tinggi, akibatnya tegangan air tanah menjadi rendah. Selain dipengaruhi oleh frekuensi irigasi, Gambar 5 juga memperlihatkan bahwa tegangan air tanah dipengaruhi oleh adanya curah hujan, sehingga fluktuasi tegangan air tanah, selain mengikuti pola pemberian air irigasi, juga mengikuti pola curah hujan (Gambar 5f).

Pertumbuhan tanaman

Interaksi antara sumber air irigasi dan level MAD terhadap tinggi tanaman secara statistik tidak nyata, dan tinggi tanaman juga tidak dipengaruhi oleh sumber air irigasi. Namun perlakuan level MAD berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Perlakuan level MAD 60% air tersedia (I_3) meningkatkan tinggi tanaman pada umur 10 minggu setelah tanam (MST) sampai 19 MST. Perlakuan I_3 tersebut berbeda nyata dengan perlakuan level MAD 100% air tersedia (I_5) serta hampir selalu mempunyai nilai yang paling tinggi diantara perlakuan level MAD lainnya (Tabel 3). Hal ini karena pada perlakuan level MAD 60% air tersedia (I_3) sampai 100% air tersedia (I_5) tanaman mendapatkan tambahan air yang konstan dalam interval yang tidak terlalu lama. Selain itu pada level MAD 60 sampai 100% air tersedia tidak terjadi cekaman air yang diindikasikan oleh fluktuasi tegangan air tanah yang berada di sekitar kapasitas lapang.

Tabel 3. Pengaruh sumber air irigasi dan level MAD terhadap tinggi tanaman cabai pada tanah Typic Kanhapudults Tamanbogo, Lampung Timur

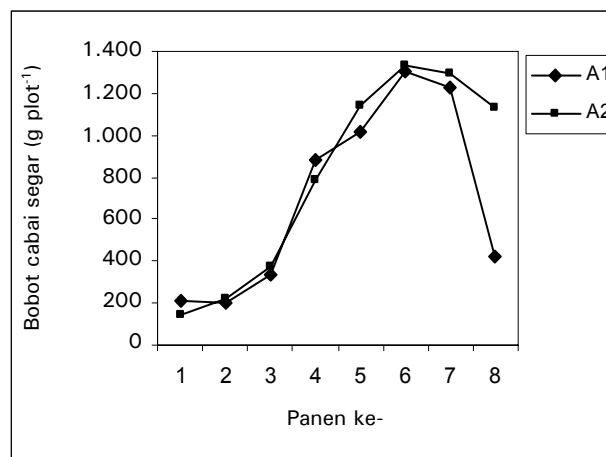
Table 3. The effect of source of irrigation water and MAD level on chili plant height on Typic Kanhapudults at Tamanbogo, East Lampung

Perlakuan	Umur tanaman (MST)						
	4	6	8	10	14	16	19
Sumber air irigasi							
Air tanah (A_1)	15,3 A	22,2 A	38,5 A	42,3 A	43,5 A	45,3 A	46,4 A
Air permukaan (A_2)	14,5 A	21,3 A	39,7 A	43,4 A	46,1 A	46,5 A	48,1 A
Level MAD							
20% air tersedia (I_1)	15,1 a	21,6 a	39,3 a	42,8 ab	45,7 ab	46,3 ab	47,6 ab
40% air tersedia (I_2)	14,7 a	21,6 a	38,6 a	42,8 ab	44,3 ab	46,0 ab	47,1 ab
60% air tersedia (I_3)	14,9 a	21,6 a	40,0 a	44,6 a	47,1 a	48,4 a	49,2 a
80% air tersedia (I_4)	15,2 a	22,5 a	39,7 a	43,7 ab	44,2 ab	44,5 b	47,3 ab
100% air tersedia (I_5)	14,9 a	21,5 a	37,9 a	40,7 b	42,7 b	44,3 b	45,0 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf besar atau huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 5% DMRT, MST = minggu setelah tanam

Hasil tanaman

Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi yang nyata antara sumber air irigasi dan level MAD terhadap fluktuasi hasil tanaman cabai. Sumber air irigasi tidak berpengaruh nyata terhadap fluktuasi hasil panen cabai sampai dengan panen ke-7, namun pada panen ke-8, pemberian irigasi dengan air permukaan (A_2) meningkatkan bobot segar buah cabai dan berbeda nyata dibandingkan dengan pemberian irigasi dengan air tanah (A_1) (Gambar 6). Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa panen cabai mencapai puncaknya pada panen ke-6, setelah itu menurun sampai panen ke-8. Pada pemberian irigasi dengan air tanah, penurunan tersebut sangat drastis, hal ini karena jumlah unsur hara yang disumbangkan air tanah selama penyiraman lebih rendah dari jumlah yang disumbangkan oleh air permukaan yang banyak mengandung lumpur, yang mengandung unsur hara yang diperlukan tanaman (Tabel 4). Pada saat kandungan lumpur lebih rendah pun (32 mg l^{-1}) kandungan total haranya masih cukup tinggi, yaitu $11,61 \text{ mg l}^{-1}$ yang terdiri atas kation-kation K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, dan Mn serta $0,21 \text{ mg l}^{-1}$ anion PO_4 .



Gambar 6. Pengaruh sumber air irigasi terhadap hasil cabai, pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung Timur

Figure 6. The effect of irrigation water sources on chili yield on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Gambar 7 menunjukkan pengaruh perlakuan level MAD terhadap fluktuasi hasil panen cabai. Level MAD berpengaruh nyata terhadap bobot segar buah cabai pada panen ke-2 sampai panen ke-8. Panen cabai mencapai puncaknya pada panen ke-6

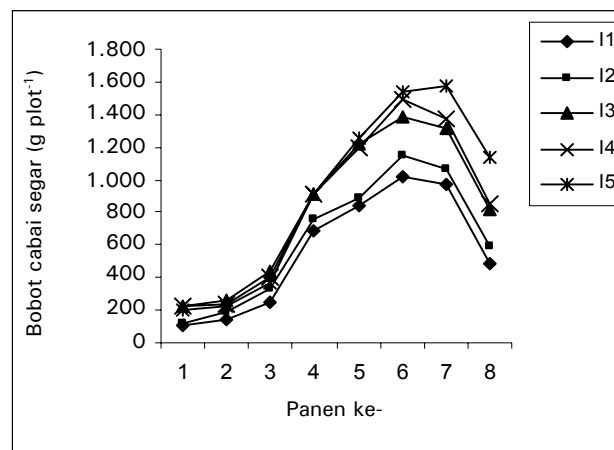
Tabel 4. Kualitas air irigasi yang berasal dari air tanah dan air permukaan pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung Timur

Table 4. The quality of ground and surface water irrigation on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Sifat kimia	Sumber air irigasi		
	Air tanah (A_1)	Air permukaan ($A_{2.1}$)	Air permukaan ($A_{2.2}$)
DHL $25^\circ\text{C dS m}^{-1}$	0,058	0,058	0,42
pH	6,0	6,1	5,6
Kadar lumpur (mg l^{-1})	0,00	224,00	32,00
Kation (me l^{-1} bebas lumpur)			Total hara (mg l^{-1})
NH_4	0,04	0,04	0,12
K	0,02	0,04	0,01
Ca	0,04	0,13	0,08
Mg	0,03	0,09	0,04
Na	0,45	0,29	0,11
Fe	0,00	0,05	0,02
Al	0,00	0,10	0,04
Mn	0,00	0,00	0,00
Jumlah	0,58	0,74	0,42
			11,61

Keterangan : $A_{2.1}$ = contoh air permukaan 1; $A_{2.2}$ = contoh air permukaan 2

untuk semua perlakuan level MAD, kecuali pada level MAD 100% air tersedia (I₅) yang mencapai puncaknya pada panen ke-7. Dari panen ke-2 sampai ke-7, perlakuan level MAD 60% air tersedia memberikan hasil tanaman yang cukup tinggi dan secara statistik tidak berbeda dengan level MAD 80% (I₄) dan 100% air tersedia (I₅), tetapi berbeda dengan perlakuan level MAD 20% (I₁) dan 40% air tersedia (I₂). Pada panen ke-8, hasil tertinggi dicapai pada perlakuan level MAD 100% air tersedia (I₅) dan berbeda terhadap perlakuan lainnya. Hal tersebut juga dapat dilihat pada Tabel 5 yang menunjukkan bahwa pemberian air permukaan (A₂) meningkatkan produksi total cabai dan berbeda nyata dibandingkan air tanah (A₁). Hal ini menunjukkan bahwa air permukaan dapat dijadikan alternatif dan cukup potensial sebagai sumber air irigasi karena mempunyai kualitas kimiawi yang lebih baik daripada air tanah. Air tanah, meskipun mempunyai kualitas yang lebih rendah, dapat juga dipakai sebagai air irigasi, tanpa berdampak terhadap munculnya salinitas, pada kondisi kedalaman air tanah yang dalam. Namun penggunaan air tanah yang berlebihan tanpa disertai usaha untuk *recharge* air tanah, tidak akan efektif untuk memecahkan masalah peningkatan permukaan air tanah (Jhorar *et al.*, 2009).



Gambar 7. Pengaruh level MAD terhadap hasil cabai pada tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung Timur

Figure 7. The effect of MAD level on chili yield on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Level MAD berpengaruh nyata terhadap produksi total cabai (Tabel 5). Level MAD 100% air tersedia (I₅) memberikan hasil yang tertinggi dan tidak berbeda dengan level MAD 80% air tersedia (I₄) tetapi berbeda dengan perlakuan level MAD lainnya. Dengan menurunnya level MAD, maka hasil tanamanpun menurun karena adanya periode cekaman air sehingga tanaman mengalami stres air.

Tabel 5. Pengaruh sumber air irigasi dan level MAD terhadap produksi total buah segar cabai pada tanah Typic Kanhapudults Tamanbogo, Lampung Timur

Table 5. The effect of irrigation water sources and MAD level on total yield of fresh chili on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Level MAD	Total produksi buah segar		Rata-rata
	Air tanah (A ₁)	Air permukaan (A ₂)	
	t ha ⁻¹		
20% air tersedia (I ₁)	0,84	0,96	0,90 d
40% air tersedia (I ₂)	0,94	1,10	1,02 c
60% air tersedia (I ₃)	1,26	1,37	1,32 b
80% air tersedia (I ₄)	1,20	1,47	1,34 ab
100% air tersedia (I ₅)	1,35	1,53	1,44 a
Rata-rata	1,12 A	1,29 B	

Keterangan : MAD = *management allowable depletion*, angka yang diikuti huruf besar yang berbeda pada baris yang sama dan huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama berbeda pada taraf 5% DMRT

Dalla Costa dan Gianquinto (2002) menunjukkan bahwa stres air secara kontinyu, nyata menurunkan berat segar buah cabai. Tanaman cabai memberikan hasil dengan mutu pasar yang terbaik pada irigasi 120% evapotranspirasi (ET), dan terendah pada 40% ET, serta tidak terdapat perbedaan hasil yang nyata antara 60, 80, dan 100% ET.

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa secara umum, semakin tinggi level MAD, semakin tinggi hasil tanaman, namun peningkatan hasil tanaman tersebut tidak berbeda lagi setelah perlakuan level MAD 60% air tersedia (I₃). Dengan demikian, level MAD 60% air tersedia (I₃) merupakan perlakuan yang paling optimum pengaruhnya terhadap hasil tanaman cabai. Hal ini berarti bahwa air suplemen sebaiknya diberikan ketika air tersedia baru hilang 40%, karena kadar air tanah yang lebih rendah dapat menurunkan tingkat pertumbuhan dan hasil panen cabai. Hedge (1986, 1987) dalam Dalla Costa dan Gianquinto (2002), menyatakan bahwa pada tanah lempung liat berpasir, tanaman cabai memberikan keragaan tanaman yang terbaik (berat segar, berat kering, ukuran dan ketebalan) ketika mendapatkan irigasi pada 40-60% air tersedia. Penelitian ini dilaksanakan pada tekstur tanah yang sama (lempung liat berpasir) pada lapisan 0-20 cm dari permukaan tanah.

Neraca air di zone perakaran, perubahan cadangan air tanah, dan penggunaan air tanaman (*crop water use*)

Tabel 6 menyajikan neraca air total selama pertanaman pada masing-masing level MAD. Perubahan cadangan air pada masing-masing level

MAD berbeda dan terlihat pada level MAD 20% dan 40% air tersedia, total perubahan cadangan air selama pertanaman bernilai negatif. Ini berarti bahwa cadangan air di dalam tanah tidak mencukupi sehingga memerlukan tambahan air berupa air irigasi dan atau curah hujan. Pada level MAD 20% air tersedia (I₁) kebutuhan tambahan air tersebut lebih besar dibandingkan level MAD 40% air tersedia (I₂). Perubahan cadangan air pada level MAD 60% air tersedia (I₃) memberikan nilai positif dan paling tinggi dibandingkan level MAD lainnya. Ini berarti bahwa pada level tersebut, kebutuhan air tanaman masih dapat disuplai dari cadangan air tanah. Pada irigasi dengan level MAD 80% air tersedia (I₄), cadangan air tanah yang dapat disuplai untuk memenuhi kebutuhan air tanaman kembali menurun dan jauh lebih kecil, dan pada level MAD 100% air tersedia (I₅), perubahan cadangan air menjadi negatif lagi, ini berarti bahwa pemberian air irigasi pada level MAD 80% (I₄) dan dan level MAD 100% air tersedia (I₅) sudah tidak efisien lagi.

Penggunaan air tanaman atau konsumsi air tanaman (evapotranspirasi) dihitung melalui persamaan kesetimbangan air di zona perakaran yaitu : $WU (ET_{cr}) = (P + I) - \Delta S$, dimana WU (ET_{cr}) adalah jumlah air konsumtif tanaman, P curah hujan, I adalah volume irigasi yang diberikan dan ΔS adalah perubahan cadangan air dalam tanah (0-20 cm). Penggunaan air tanaman untuk masing-masing level MAD disajikan pada Tabel 6. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi level MAD, semakin tinggi penggunaan air oleh tanaman atau evapotranspirasi. Hal ini karena semakin tinggi level

Tabel 6. Neraca air di zone perakaran dan penggunaan air tanaman cabai (kedalaman 0-20 cm) pada tanah Typic Kanhapudults Tamanbogo, Lampung Timur

Table 6. Water balance at the root zone and water use of Chili (0-20 cm soil depth) on Typic Kanhapudults at Tamanbogo, East Lampung

Level MAD	Neraca air di zone perakaran			WU
	P	I	ΔS	
	mm			
20% dari air tersedia (I ₁)	355,0	71,4	-30,9	457,4
40% dari air tersedia (I ₂)	355,0	119,4	-17,9	492,4
60% dari air tersedia (I ₃)	355,0	238,2	20,5	572,7
80% dari air tersedia (I ₄)	355,0	410,0	8,6	756,4
100% dari air tersedia (I ₅)	355,0	477,4	-4,5	836,8

Keterangan : MAD = *management allowable depletion*, P = curah hujan, I = irigasi, ΔS = perubahan cadangan air dalam tanah, WU = *water use* = (P + I) - ΔS

MAD, semakin tinggi dan semakin sering irigasi diberikan. Dengan demikian semakin banyak air yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, sehingga evapotranspirasi pun menjadi lebih tinggi. Level MAD 100% air tersedia (I_5) memberikan evapotranspirasi yang tertinggi dan level MAD 20% air tersedia (I_1) yang paling rendah. Evapotranspirasi dari yang terendah sampai yang paling tinggi berturut-turut adalah pada perlakuan level MAD 20% (I_1), 40% (I_2), 60% (I_3), 80% (I_4), dan 100% air tersedia (I_5).

**Efisiensi penggunaan air
(water use efficiency = WUE)**

Efisiensi penggunaan air untuk setiap level MAD disajikan pada Tabel 7. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa efisiensi penggunaan air meningkat sampai level MAD 60% air tersedia (I_3) dan setelah itu pada level 80% (I_4) dan 100% air tersedia (I_5) menurun, bahkan pada level MAD 100% air tersedia, efisiensi penggunaan air mencapai nilai terendah. Hal ini karena pada level tersebut, air yang digunakan lebih banyak tetapi peningkatan pemberian atau penggunaan air tidak sebanding dengan peningkatan hasil, sehingga efisiensinya menurun. Dengan demikian peningkatan level MAD tidak selalu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Demikian pula halnya dengan penggunaan air (evapotranspirasi), peningkatan

penggunaan air (evapotranspirasi) tidak selalu diikuti pula oleh peningkatan efisiensi penggunaan air (WUE). Pada perlakuan level MAD 60% air tersedia (I_3), efisiensi penggunaan air mencapai nilai tertinggi. Ini berarti perlakuan level MAD 60% (I_3) memberikan tingkat efisiensi penggunaan air yang paling optimum dibandingkan perlakuan level MAD lainnya. Sejalan dengan hasil penelitian Songsri *et al.* (2009) yang menunjukkan bahwa pada derajat kekeringan air/ketersediaan air yang rendah (1/3 dari kapasitas lapang atau air tersedia), WUE, berat kering akar dan indeks panen tanaman menurun, dan mencapai optimum pada 2/3 (60%) air tersedia.

Efisiensi penggunaan air pada penelitian ini berkisar dari 0,17-0,23 kg m⁻³. lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian Genclogon *et al.* (2005) yang melaporkan bahwa WUE tanaman cabai berkisar dari 0,7-1,7 kg ha⁻¹ mm atau setara dengan 0,07-0,17 kg ha⁻¹ pada pemakaian air yang berkisar dari 886,5-937 mm/2 tahun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pertanaman cabai (varietas TM 99) pada tanah Typic Kanhapludults di Tamanbogo, Lampung Timur memerlukan irigasi suplemen. Irigasi suplemen pada level MAD 60% air tersedia memberikan fluktuasi tegangan air paling rendah,

Tabel 7. Pengaruh sumber air irigasi dan level MAD terhadap efisiensi penggunaan air tanaman cabai pada tanah Typic Kanhapudults Tamanbogo, Lampung Timur.

Table 7. The effect of irrigation water sources and MAD level on water use efficiency of chili on Typic Kanhapludults at Tamanbogo, East Lampung

Perlakuan	WU	Hasil	Efisiensi penggunaan air (WUE)
	m ³ ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg m ⁻³
Sumber air irigasi			
Air tanah (A ₁)	6.254,3	1.121,3	0,18
Air permukaan (A ₂)	6.111,0	1.281,2	0,21
Level MAD			
20% air tersedia (I_1)	4.573,6	901,4	0,20
40% air tersedia (I_2)	4.923,7	1.007,1	0,20
60% air tersedia (I_3)	5.726,6	1.316,7	0,23
80% air tersedia (I_4)	7.564,0	1.341,7	0,18
100% air tersedia (I_5)	8.368,3	1.439,3	0,17

Keterangan : MAD = *management allowable depletion*, WU = *water use*, WUE = *water use efficiency* = Hasil/WU

sehingga kadar air tanah relatif konstan, dan memberikan pertumbuhan serta hasil panen cabai yang optimum.

2. Level MAD berpengaruh terhadap perubahan cadangan air dalam tanah dan penggunaan air oleh tanaman. Semakin tinggi level MAD semakin tinggi penggunaan air oleh tanaman. Level MAD 60% air tersedia memberikan perubahan cadangan air yang paling tinggi.
3. Level MAD 60% air tersedia memberikan nilai efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*) yang tertinggi sehingga merupakan level MAD yang paling optimum.
4. Pemberian irigasi sebanyak 9,6 mm dengan interval tiga hari sekali merupakan irigasi yang paling optimum.
5. Air irigasi dapat bersumber dari air tanah dan air permukaan (kolam atau embung), dengan volume yang tidak berbeda. Air permukaan memiliki kualitas kimiawi yang lebih baik dibandingkan air tanah, sehingga memberikan hasil tanaman dan efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi.

Saran

1. Pemberian dan kedalaman irigasi suplemen sebaiknya dilakukan secara dinamis dengan memperhatikan perkembangan akar tanaman, agar tercapai efisiensi penggunaan air yang optimum.
2. Air permukaan (*surface water*) dapat dijadikan sebagai sumber air irigasi alternatif yang potensial ditinjau dari segi kualitasnya untuk irigasi suplemen di lahan kering, sehingga tidak terjadi konflik kebutuhan penggunaan yang berasal dari air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman, A., A. Mulyani, Hikmatullah, dan A.B. Siswanto. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis : Tinjauan Aspek Kesesuaian Lahan. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

Bakker, M., R. Meinzen-Dick, and F. Konradsen. 1999. Multiple Uses of Water in Irrigated Areas. A case study from Srilanka. SWIM Paper No. 8/1999. IWMI. Colombo.

Dalla Costa, L. and G. Gianquinto. 2002. Water stress and watertable depth influence yield, water use efficiency, and nitrogen recovery in bell pepper : lysimeter studies. Aust. J. Agric. Res. 53:201-210.

FAO. 1998. Crop Evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56. FAO, Rome.

Gencoglan, C., I.E. Akinci, S. Akinci, S. Gencoglan, and K. Ucan. 2005. Effect of different irrigation methods on yield of red hot pepper and plant mortality caused by *Phytophthora capsici* Leon. Kahramanmaras Sutcu Imam University, Agricultural Faculty, Agricultural Department, Kahramanmaras, Turkey.

Jhorar, R.K., A.A.M.F.R. Smit, and C.W.J. Roest. 2009. Assessment of alternative water management option for irrigated agriculture. Agricultural Water Management 96:975-981. Elsevier B.V.

Hillel, D. 1990. Role of Irrigation in Agricultural Systems. Pp 5-30. In B.A. Stewart and D.R. Nielsen (Ed.). Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy 30. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Hidayat, A. dan A Mulyani. 2005. Lahan Kering Untuk Pertanian. Hlm 1-39. Dalam Abdurachman *et al.* (Eds.). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Irianto, G., H. Sosiawan, dan A.S. Karama. 1998. Strategi Pembangunan Pertanian Lahan Kering untuk Mengantisipasi Persaingan Global. Makalah Utama Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor 10 Februari 1998. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Deptan.

James, L.G. 1988. Principle of Farm Irrigation System Design. John Willey & Sons. Inc. New York.

- Krishnappa, A.M., Y.S. Arun Kumar, Murukannappa, and B.R. Hedge. 1999.** Improve in situ Moisture Conservation Practises for Stabilized Crop yield in Drylands. *In Singh et al. (Eds.). Fifty Years of Dryland Agricultural Research in India.* Central Research Institut for Dryland Agriculture. Santoshnagar, Hyderabad-500 059.
- Pusat Penelitian dan pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak). 2001.** Atlas Arahana Tata Ruang Pertanian Indonesia Skala 1:1000000. Puslitbangtanak Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Partowijoto, A. 2002.** Penelitian Kebutuhan air lahan dan Tanaman di Beberapa Daerah Irigasi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan* 16(49). Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Badan Litbang Permukiman dan Prasarana Wilayah, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Renault, D., M. Hemakumara, and D. Molden. 2001.** Impacts of water consumption by perennial vegetation in irrigated areas of the humid tropics. A case for rethinking traditional views of irrigation design, management and performance assessment. *Annual Report 2000-2001. Improving Water and Land Resources Management for Food, Livelihoods and Nature.* IWMI. International Water Management Institute, Colombo.
- Runtunuwu, E., N. Pujilestari, K. Sari, F. Ramadani, S. Hari Adi, dan A. Hamdani. 2004.** Panduan Perangkat Lunak Water and Agroclimate Resources Management (WARM). Laboratorium Numerik dan Sistem Informasi Spasial Agroklimat dan Hidrologi, Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Soelaeman, Y., A. Mulyani, Irawan, dan F. Agus. 2001.** Evaluasi Teknis dan Ekonomis Beberapa Alternatif Sistem Irigasi Lahan Kering. Laporan Akhir TA 2001. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Songsri, P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, and A. Patanothai. 2009.** Assosiation of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agricultural Water management* 96:790-798. Elsevier B.V.
- Sutono, S., S. Wiganda, I. Isyafudin, dan F. Agus. 2001.** Pengelolaan Sumberdaya Air Dengan Teknologi Input Tinggi. Laporan Akhir Tahun Anggaran 2001. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sutono, S., U. Haryati, dan K. Subagyo. 2007.** Optimalisasi irigasi tanaman cabai di lahan kering. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, 14-15 September 2006. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Tala'ohu, S.H., Sutono, dan Y. Soelaeman. 2003.** Peningkatan produktivitas lahan kering masam melalui penerapan teknologi konservasi tanah dan air. Hlm 45-63 *Dalam* Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam, Bandar Lampung, 29-30 September 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Withers, B. and S. Vipond. 1974.** Irrigation: Design and Practice. Bastford Academic and Educational Limited. London. Pp. 73-74.