

**STUDI KETERSEDIAAN AIR UNTUK TANAMAN TEBU LAHAN
KERING DENGAN MENGGUNAKAN MODEL CROPWAT *for* WINDOWS**

Oleh :

YOFIE DWI NOVENTY



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

**STUDI KETERSEDIAAN AIR UNTUK TANAMAN TEBU LAHAN
KERING DENGAN MENGGUNAKAN MODEL CROPWAT for WINDOWS**

Oleh :

YOFIE DWI NOVENTY

NIM. 0310433005-43

SKRIPSI

**Disampaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yofie Dwi Noventy
 NIM : 0310433005-43
 Jurusan/Program Studi : Tanah/Ilmu Tanah

Menyatakan bahwa skripsi berjudul :

"STUDI KETERSEDIAAN AIR UNTUK TANAMAN TEBU LAHAN KERING DENGAN MENGGUNAKAN MODEL CROPWAT FOR WINDOWS"

merupakan karya tulis yang kami buat sendiri, dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana ternyata dikemudian hari pernyataan kami ini tidak benar, kami sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya Malang.

Malang, Januari 2009
 Yang menyatakan,

YOFIE DWI NOVENTY
 NIM. 0310433005-43

Mengetahui,

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
 NIP. 130 884 237

Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS
 NIP. 131 472 755

Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Mochtar Lutfi Rayes, MSc
 NIP. 130 818 808

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **STUDI KETERSEDIAAN ARI UNTUK TANAMAN
TEBU LAHAN KERING DENGAN MENGGUNAKAN
MODEL CROPWAT FOR WINDOWS**

Nama : YOFIE DWI NOVENTY

NIM : 0310433005-TANAH

Jurusan : TANAH

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pertama,

Kedua,

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
NIP. 130 884 237

Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS
NIP.131 472 755

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Mochtar Lutfi Rayes, MSc
NIP. 130 818 808

Tanggal Persetujuan :

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

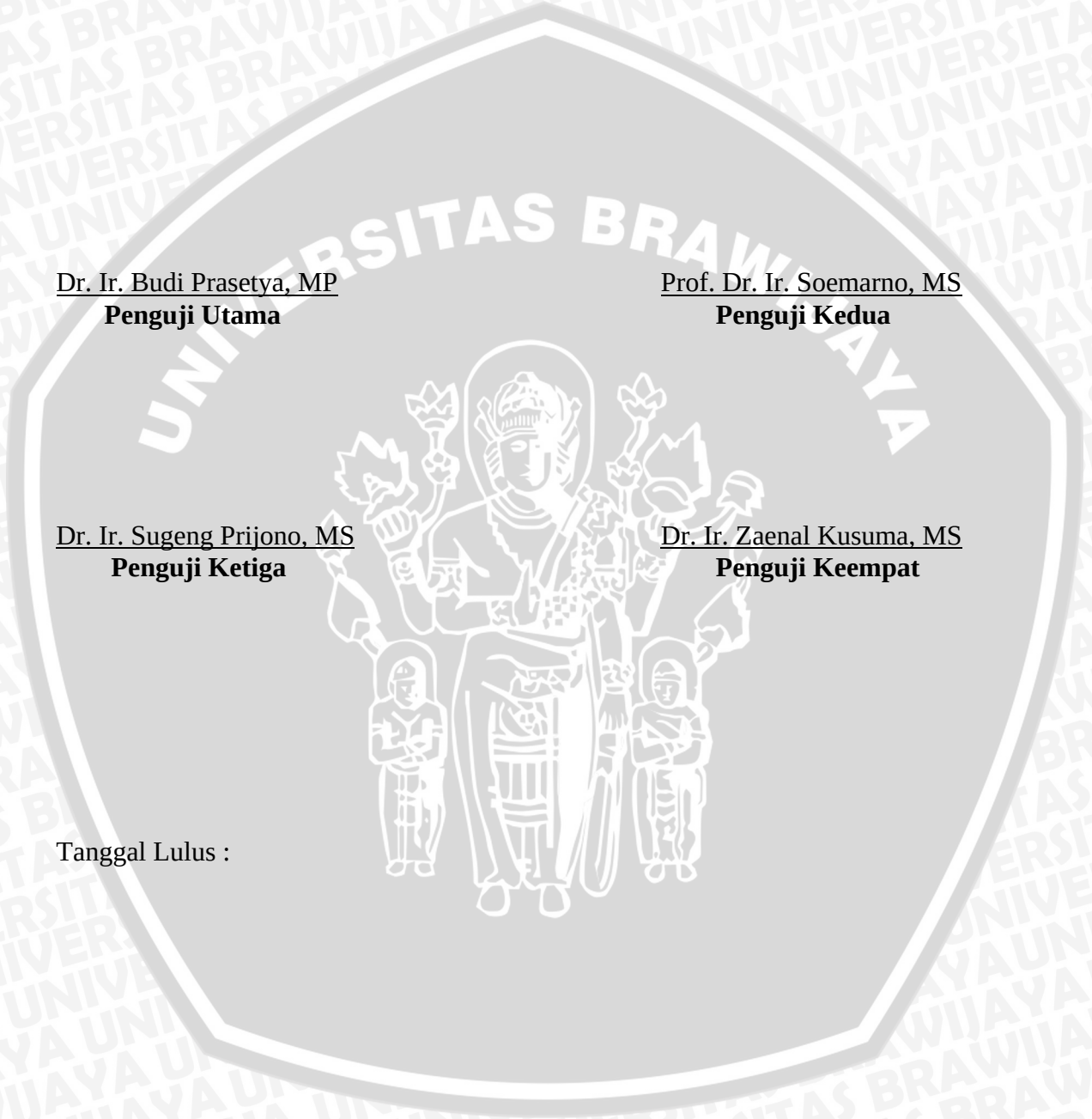
Dr. Ir. Budi Prasetya, MP
Penguji Utama

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
Penguji Kedua

Dr. Ir. Sugeng Priyono, MS
Penguji Ketiga

Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
Penguji Keempat

Tanggal Lulus :



*“Buatlah Dirimu menjadi Berkah Bagi seseorang,
Senyummu yang Tulus dan Tepukanmu di Bahu Mungkin
Bisa Menarik Seseorang dari Tepi Jurang”
(Camelia Elliot)*



*Karya ini Kupersembahkan Untuk Kedua Orangtua,
Kakak, Kakek, Nenek, Ibu dan Fisku Tercinta.*

RINGKASAN

Yofie Dwi N. 0310433005-43. **Studi Ketersediaan Air Untuk Tanaman Tebu Lahan Kering Dengan Menggunakan Model *CropWat for Windows***. Dibawah Bimbingan : Soemarno dan Sugeng Priyono.

Besarnya air tanah yang dapat diserap oleh tanaman sangat berpengaruh terhadap produksi tanaman. Produksi tanaman akan optimal apabila kebutuhan airnya dapat terpenuhi selama periode pertumbuhan. Kebutuhan air tanaman akan terpenuhi apabila ketersediaan air tanahnya cukup (Priyono *et al.*, 1996).

Dari permasalahan-permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh pengelolaan lahan terhadap tingkat ketersediaan air pada tanaman tebu lahan kering yang ada di Kelurahan Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang adalah model *CropWat for Windows* yang nantinya akan diperoleh tingkat ketersediaan air untuk tanaman tebu pada berbagai kedalaman (peningkatan hujan efektif (60%, 75%, 90%), peningkatan kedalaman perakaran (40cm, 60cm, 80cm) dan peningkatan ketersediaan air (100% dan 150%), sehingga dapat memberikan informasi tentang besarnya jumlah ketersediaan air untuk tanaman tebu lahan kering dan pengelolaan lahan kering yang berkelanjutan di Kelurahan Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengevaluasi pengaruh pengelolaan lahan terhadap tingkat ketersediaan air untuk tanaman tebu lahan kering dengan menggunakan metode *CropWat for Windows*. Hipotesis dari penelitian ini adalah Pengaruh pengelolaan lahan kering terhadap tingkat ketersediaan air dengan melakukan peningkatan hujan efektif, kedalaman akar dan ketersediaan air untuk tanaman tebu.

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Kota Malang mulai bulan Februari – Oktober 2008. Alat-alat yang digunakan adalah: alat tulis-menulis, perangkat komputer dan software model *CropWat for Windows* versi 4.2. Sedangkan bahan yang digunakan adalah data-data sekunder lokasi penelitian yang meliputi: data iklim dari stasiun klimatologi Karangploso selama 10 tahun (1998-2007), data tanah yaitu tekstur, kedalaman tanah dan air tersedia.

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa: (1) Peningkatan hujan efektif dengan frekuensi pengukuran 60%, 75%, dan 90%. Perubahan *Peff* tidak berpengaruh terhadap CWR, SMD dan reduksi produksi, tetapi berpengaruh terhadap IWR. (2) Peningkatan kedalaman tanah dengan frekuensi pengukuran 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Ketebalan solum hanya berpengaruh terhadap SMD dan reduksi produksi. (3) Peningkatan ketersediaan air dengan frekuensi pengukuran 100% dan 150%. Peningkatan WHC berpengaruh terhadap neraca air tanah dan reduksi produksi. Saran yang dapat diberikan yaitu: Perlu dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan air misalnya menanam jenis tanaman yang tahan kering dengan umur yang pendek, penggunaan mulsa, memberikan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan menanam tepat waktu. Dengan memperhatikan kebutuhan air tanaman dan kondisi iklim yang sewaktu-waktu dapat berubah,

maka perlu adanya pertimbangan perencanaan irigasi yang dapat mendukung ketersediaan air yang cukup bagi tanaman pertanian yang diusahakan di wilayah ini, sehingga tanaman tidak mengalami kekurangan air (stress air) dan meminimalkan penurunan produksi untuk masing-masing fase pertumbuhan. Salah satu paket program yang dapat menggambarkan kebutuhan air tanaman dan perencanaan irigasi adalah model *CropWat for Windows*.



SUMMARY

Yofie Dwi N. 0310433005-43. **The Study of Water Availability for Sugarcane in Dry Land by Using Model of Cropwat for Windows.** Under supervisor by Soemarno and Sugeng Priyono.

Level of ground water able to be permeated by crop very having an effect on to crop production. Crop production will be optimal if its amount of water required earn fulfilled during period of growth. Crop amount of water required will fulfilled if availability of its ground water enough (Priyono *et al.*, 1996).

From existing problems, hence require to be done by research to evaluate influence of management of land to level of availability of water at dry land sugarcane crop exist in Sub-District of Wonokoyo, District of Kedungkandang is model of Cropwat for Windows which later will be obtained by level of availability of water for the crop of sugarcane at various deepness (increase of effective rain (60%, 75%, 90%), increase of deepness of root (40cm, 60cm, 80cm) and increase of availability of water (100% and 150%), so that can give information about level of the amount of the availability of water for the crop of dry land sugarcane and management of going concern dry land in Sub-District Of Wonokoyo, District of Kedungkandang. Purpose of this research is to Evaluate influence of management of farm to level of availability of water for the crop of dry land sugarcane by using method of CropWat for Windows. Hypothesis of this research is Influence of management of dry land to level of availability of water by increasing effective rain, deepness of root and availability of water for the crop of sugarcane.

Research was done at Sub-District Of Wonokoyo District Of Kedungkandang Malang City start month of February - October 2008. Tools the used is: writing tools, peripheral of computer and software model CropWat for Windows of version 4.2. While materials the used is secondary datas of research location covering: climate data of station of klimatologi Karangploso during 10 year (1998-2007), land data that is texture, deepness of land and available water of land.

Pursuant to result of research, hence can be concluded that: (1) increased of effective rain with measurement frequency 60%, 75%, and 90%. Change of Peff do not have an effect on to CWR, SMD and yield production, but having an effect on to IWR. (2) increased of soil depth with measurement frequency 40 cm, 60 cm, and 80 cm. Thick of solum only having an effect on to SMD and yield production. (3) Increased of the availability of water with measurement frequency 100% and 150%. Increased of WHC have an effect on to ground water balance and yield production. Suggestion able to be given by that is: An effort need to be done in order to increase efficiency and efektifify usage of water for example planting crop type which hold up to run dry with short age, usage of mulsa, giving water agree with requirement of crop and plant on schedule. By paying attention crop amount of water required and climate condition which at any times can change, hence needing the existence of consideration of planning of irrigation able to support the availability of water which enough to laboured agriculture crop in

this region, so that crop do not experience of lacking of water (water stress) and minimization degradation of production to the each growth phase. One of the program package able to depict crop amount of water required and planning of irrigation is model of CropWat for Windows.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Atas terselesainya laporan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mochtar Luthfi Rayes, MSc, selaku Ketua Jurusan Tanah.
4. Bapak, Mama, Nenek, Kakek, Kakakku, Kakak iparku, FIsku dan Keluarga Papar (Calon Ibu, Calon Kakak, Calon Kakak ipar, Calon Keponakan Kecil dan Calon Adik-adik) terima kasih atas semua bantuan material dan non material serta kesempatannya, sehingga kewajiban ini dapat selesai. Matur sembah nuwun sanget!!!
5. Semua anggota angkatan rongewu telu Tanah, suwun yo rek!
6. Semua anak kost Ganiz Kertosentono 73, matur nuwun yo bu! Dan
7. Semua pihak yang telah memberikan motivasi dan bantuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Dalam penulisan laporan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari dari pembaca. Penulis ini berharap semoga laporan ini dapat memberikan informasi bagi pihak yang memerlukan.

Malang, Januari 2009

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 12 November 1984 di Mojokerto. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari ayahanda bernama Partu Didik Purwanto dan Ibunda Endah Wahyu Widayati. Serta saudara kandung kakanda bernama Yogie Wahyu Merdiyanto.

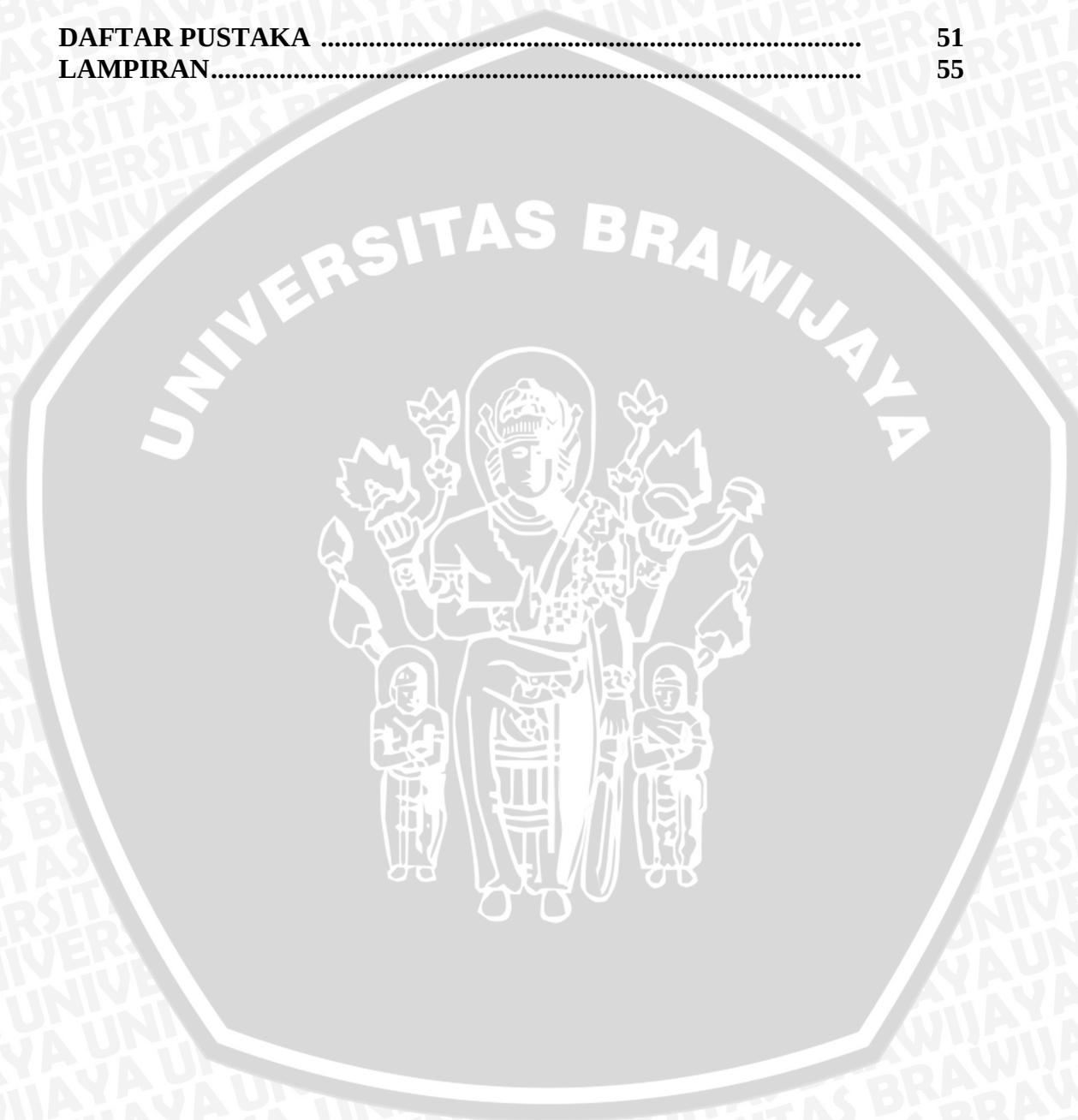
Tahun 1991 penulis memulai pendidikan di SD Negeri Wates 2 Mojokerto selesai pada tahun 1997. Penulis melanjutkan pendidikan di SLTP Negeri I Mojokerto dan lulus tahun 2000. Tahun 2003 penulis menyelesaikan pendidikan menengah umum di SMU Negeri 2 Mojokerto. Tahun yang sama, penulis diterima di Universitas Brawijaya (UNIBRAW) sebagai mahasiswa Program Sarjana (Strata-1), Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian melalui jalur SPMK.

Selama menempuh pendidikan di UNIBRAW, penulis aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa sebagai staf Dirjen Intelektual, Pengetahuan dan Keilmuan Departemen Pengembangan dan Pemberdayaan Mahasiswa. Selain itu, juga ikut aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan fakultas dan UKM Taekwondo sebagai koordinator Kesejahteraan Rakyat di Universitas Brawijaya.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR ISTILAH	x
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Hipotesis.....	3
1.4. Manfaat	3
1.3. Alur Kerangka.....	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1. Konsep Umum Karakteristik Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i>)	5
2.2. Pengertian Karakteristik Tebu.....	5
2.3. Lahan Kering.....	12
2.4. Model <i>CropWat for Windows</i>	16
2.5. Air Tanah	19
2.6. Ketersediaan Air Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Tebu	21
2.7. Pengaruh Ketersediaan Air Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman.....	22
2.8. Kebutuhan Air Tanaman Tebu.....	23
2.9. Struktur dan Tekstur Tanah.....	23
2.10. Kurva pF	24
2.11. Kurva Karakteristik Lengas Tanah	25
2.12. Konduktivitas Hidraulik Jenuh	25
2.13. Bahan Organik	25
 III. METODE PENELITIAN	 27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.3. Tahapan Penelitian.....	28
3.4. Parameter yang Diamati.....	32
 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 33
4.1. Hasil	33
4.2. Pembahasan.....	42

V. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran.....	49
 DAFTAR PUSTAKA	 51
LAMPIRAN.....	55



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1	Alat dan Bahan Penelitian.....	35
2.	18 Macam Kombinasi Perlakuan Untuk Tanaman Tebu	38
3.	Nilai Koefisien Tanaman (Kc) Tebu Untuk Berbagai Tahap Pertumbuhan.....	40
4.	Parameter yang Dianalisis.....	32
5.	Data Iklim di Lokasi Penelitian Selama Kurun waktu 10 Tahun (1998-2007).....	34
6.	Nilai Evapotranspirasi (ETo) Acuan Bulanan 10 Tahun (1998- 2007).....	35
7.	Perlakuan yang Dihasilkan dari Program <i>CropWat for Windows</i> ..	36
8.	Rata-rata Tiap Peningkatan Hujan Efektif Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi.....	38
9.	Rata-rata Tiap Peningkatan Kedalaman Perakaran Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi.....	40
10.	Rata-rata Tiap Peningkatan Kedalaman Perakaran Dilihat Dari pF 2,5; pF4,2 dan TAM.....	41
11.	Rata-rata Tiap Peningkatan Ketersediaan Air Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi.....	42

DAFTAR GAMBAR

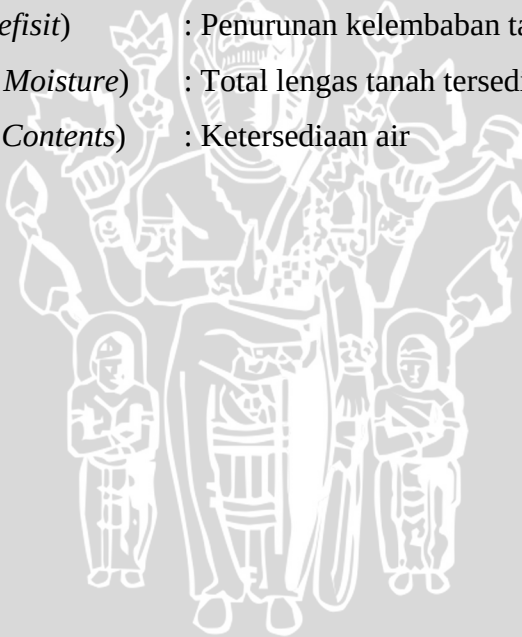
Nomor	Judul	Halaman
1.	Alur Kerangka Pemikiran	4
2.	Konsep Umum Karakteristik Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i>)	5
3.	Diagram Alur Model <i>CropWat for Windows</i> (Sheng-Feng et al., 1999)	19
4.	Pengaruh Nilai SMD (<i>soil moisture deficit</i>) Terhadap Tanaman Tebu.....	37
5.	Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Hujan Efektif.....	38
6.	Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Kedalaman Perakaran.....	40
7.	Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Ketersediaan Air.....	42
8.	Peningkatan Hujan Efektif (60%, 75%, dan 90%) Selama 10 Tahun(1998-2007) Kec. Kedungkandang, Kota Malang	43
9.	Tebu Umur 3-4 Bulan	83
10.	Tebu Umur 4-5 Bulan	83
11.	Tebu Umur 7-8 Bulan	83

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Peta Administrasi Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang	55
2.	Data Iklim Stasiun Klimatologi Lanud. Abd. Saleh Selama 10-Tahun 1998-2007	56
3.	Data Lama Penyinaran 12 jam Selama 10 Tahun 1998-2007 UPT Klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang	66
4.	Data Curah Hujan Stasiun Klimatologi Kedungkandang 1998-2007	76
5.	Data Klasifikasi Tanah Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang	79
6.	Data Foto Tegalan Tanaman Tebu Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang	83
7.	Data Grafik Pengaruh SMD Terhadap Ketersediaan Air Tanaman Tebu	84

DAFTAR ISTILAH

CWR (<i>Crop Water Requirement</i>)	: Ketersediaan air tanaman
ET_o (<i>Evapotranspiration</i>)	: Evapotranspirasi dengan nilai 0
ET_c (<i>Crop Evapotranspiration</i>)	: Evapotranspirasi tanaman
ET_a (<i>Actual Evapotranspiration</i>)	: Evapotranspirasi aktual
ET_m (<i>Maximum Evapotranspiration</i>)	: Evapotranspirasi maksimum
IWR (<i>Irrigation Water Requirement</i>)	: Kebutuhan air irigasi
K_c (<i>Crop Coeficien</i>)	: Koefisien Tanaman
P_{eff} (<i>Presipitasi Efektif</i>)	: Hujan efektif
RAM (<i>Ready Available Moisture</i>)	: Lemas tanah segera tersedia.
SMD (<i>Soil Moisture Defisit</i>)	: Penurunan kelembaban tanah
TAM (<i>Total Available Moisture</i>)	: Total lemas tanah tersedia
WHC (<i>Water Holding Contents</i>)	: Ketersediaan air



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen kehidupan yang penting. Kuantitas dan kualitas air yang tersedia akan banyak mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, kesejahteraan, pendapatan masyarakat, keamanan pangan, kesehatan, pengembangan industri, turisme dan keberlanjutan ekosistem. Tekanan populasi dan perkembangan pada berbagai sektor kehidupan telah meningkatkan permintaan terhadap air sehingga berbagai aspek penggunaan dan penggunaan air perlu mendapat perhatian yang lebih cermat (Helmi dkk, 2000). Pengelolaan sumber daya air di Indonesia pada saat ini mengalami beberapa permasalahan pokok, salah satunya ketersediaan air yang semakin terbatas (*scarcity*). Menurut Carruters dkk (1997), menggolongkan penggunaan air dalam tiga sektor utama yaitu untuk pertanian, industri dan domestik. Penggunaan air untuk pertanian didunia rata-rata 70 persen dan diatas 90 persen pada negara-negara berkembang. Sedangkan, menurut Purcell (2000), pertanian menggunakan 80-90 persen dari air yang tersedia di negara-negara berkembang.

Pengembangan pertanian di Indonesia yang akan datang memiliki hambatan utama berupa penyediaan air tanah pada musim kemarau, sehingga telah banyak usaha dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan air tanah pada musim kemarau serta efisiensi penggunaan air tanah. Khususnya, pada daerah yang mempunyai musim kemarau yang panjang yaitu memiliki bulan basah selama 3-4 bulan dan bulan kering selama 6-7 bulan, atau curah hujan kurang dari 2000 mm/tahun. Dalam hal ini dikategorikan sebagai lahan kering beriklim kering (Mulyani, 2006).

Pengelolaan lahan kering dihadapkan pada masalah mudahnya lahan terdegradasi akibat kurangnya perlindungan dari terpaan radiasi matahari dan butiran air hujan. Radiasi matahari yang mengenai permukaan tanah akan meningkatkan laju oksidasi bahan organik, yang akan meningkatkan kehilangan unsur hara dan bahan organik, sehingga keberlanjutan proses produksi tanaman akan mengalami hambatan. Pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan

kemampuan lahan dapat menyebabkan kerusakan tanah dan semakin merosotnya produktivitas tanah.

Oleh karena itu, agar lahan kering tersebut dapat dimanfaatkan masyarakat biasanya menggunakan lahan tersebut untuk bercocok tanam yang dapat menghasilkan keuntungan. Salah satunya, tanaman tebu yang merupakan tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam industri gula. Bagian lainnya dapat dimanfaatkan pula sebagai hijauan pakan ternak dan dalam industri jamur. Pengembangan tebu cukup beralasan dimana lebih dari setengah produksi gula di dunia berasal dari tebu. Dilihat dari segi ekonomis, tanaman tebu sangat menguntungkan bagi petani (Mubyarto dan Daryanti, 1994). Namun, tidak terlepas dari masalah ketersediaan air menurut ruang dan waktu serta pengelolaan lahan dan sumber daya iklim memang memegang peranan strategis dalam proses produksi tebu lahan kering.

Disamping dapat mempengaruhi simpanan lengas tanah, sifat fisik dapat pula berpengaruh terhadap perakaran tanaman. Tanaman dengan sistem perakaran yang luas akan mampu mengikat tanah disamping dapat meningkatkan laju infiltrasi dan melepas bahan organik yang berfungsi dalam pemantapan agregat ke dalam tanah. Priyono *et al.*, (1996) membuktikan bahwa dengan penambahan bahan organik dari pemangkasan tanaman pagar dan residu biomassa tanaman mampu meningkatkan porositas tanah, kemantapan agregat dan ketersediaan kandungan air, serta menurunkan berat isi tanah. Besarnya air tanah yang dapat diserap oleh tanaman sangat berpengaruh terhadap produksi tanaman. Produksi tanaman akan optimal apabila kebutuhan airnya dapat terpenuhi selama periode pertumbuhan. Kebutuhan air tanaman akan terpenuhi apabila ketersediaan air tanahnya cukup.

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran yang bertolak dari tinjauan ketersediaan air tanah. Dengan harapan setelah diketahui perbedaan ketersediaan air pada kedalaman tanah sehingga ketersediaan air cukup, meskipun pada musim kemarau (Gambar. 1).

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

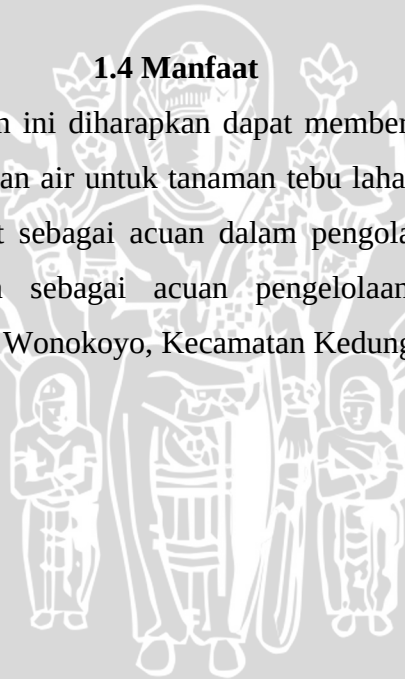
Mengevaluasi pengaruh pengelolaan lahan terhadap tingkat ketersediaan air untuk tanaman tebu lahan kering dengan menggunakan metode *CropWat for Windows*.

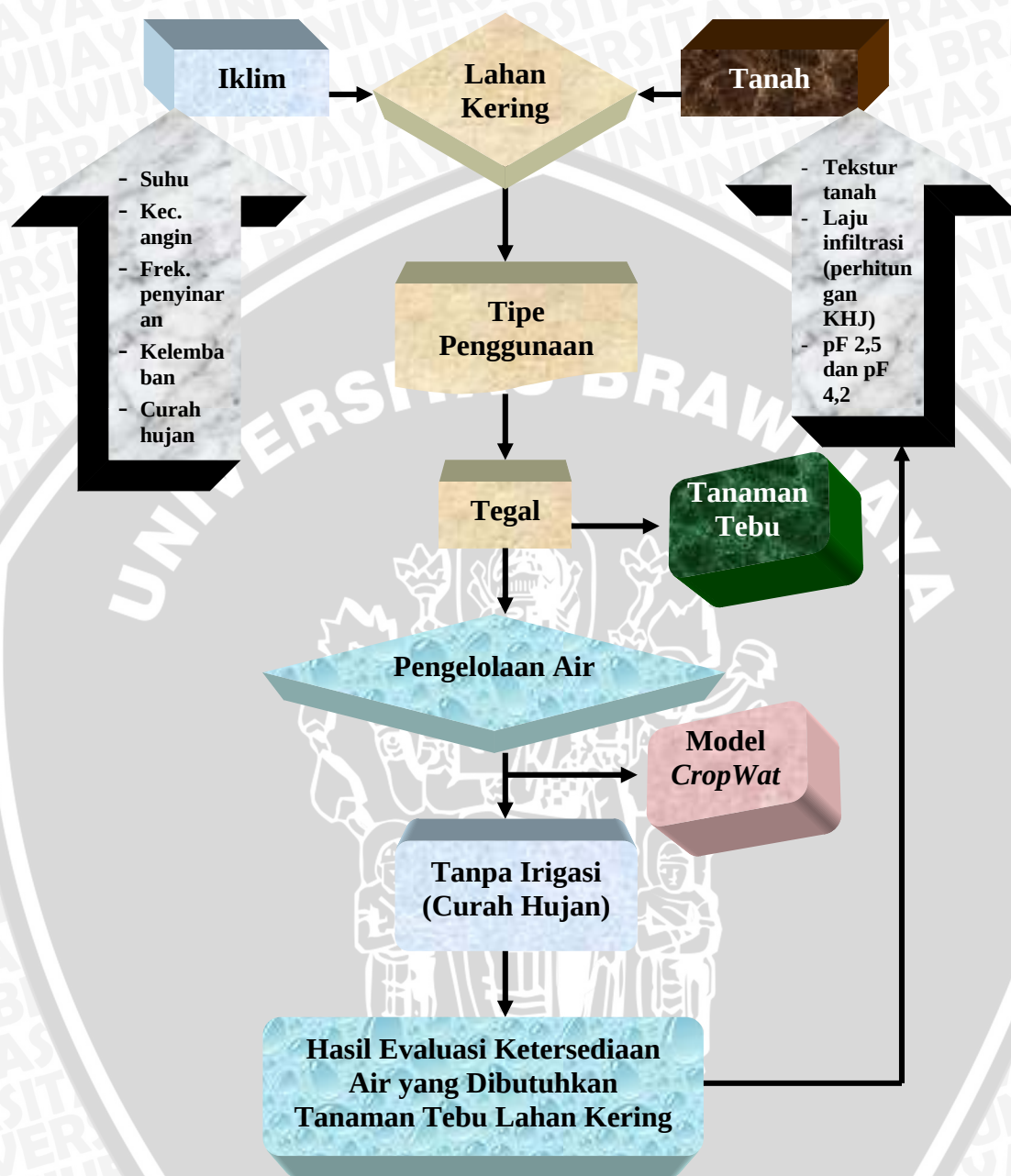
1.3 Hipotesis

Pengelolaan lahan berpengaruh terhadap tingkat ketersediaan air dengan melakukan peningkatan hujan efektif, kedalaman akar dan ketersediaan air untuk tanaman tebu.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang besarnya jumlah ketersediaan air untuk tanaman tebu lahan kering pada berbagai kedalaman dan bermanfaat sebagai acuan dalam pengolahan air pada tanaman tebu lahan kering, serta sebagai acuan pengelolaan lahan kering yang berkelanjutan di Kelurahan Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang.





Gambar 1. Alur Kerangka Pemikiran

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*)

Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) memiliki klasifikasi tanaman yang terbagi menjadi 8 klasifikasi. Adapun klasifikasi tanaman Tebu dapat dilihat di bawah Gambar 2, yakni :



Gambar 2. Tebu (*Saccharum officinarum*)

Tebu (*Saccharum officinarum*)

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Bangsa	: Poales
Suku	: Gramineae
Famili	: Poaceae
Genus	: Saccharum
Spesies	: Saccharum officinarum

(Sumiarsih dan Indirani, 1994).

2.2 Pengertian dan Karakteristik Tebu

Tebu merupakan Rumput bertahunan, besar, tinggi. Sistem perakaran besar, menjalar. Batang kokoh, dan terbagi ke dalam ruas-ruas; ruas beragam panjangnya, menggembung, menggelendong, merunjung, merunjung sungsang

atau menyilindris. Daun muncul pada buku, pelepah menabung, melingkari batang; pada setiap kultivar ligulanya berbeda ada yang memita, mendelta, membulan sabit atau membusur; helaian memita, menggulung pada kondisi kelembaban kritis. Perbungaan malai di ujung, dua buliran keluar pada setiap buku dari cabang terakhir, satu duduk dan satu bergagang; buliran terdiri dari dua sekam berbentuk perahu, dikelilingi oleh rambut halus dan dua buah bunga; bunga terbawah steril dengan sekam tunggal. Buah biji kecil (Sumiarsih dan Indirani, 1994). Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun.

Di Indonesia, tanaman ini banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatera. Jenis-jenis tebu yang sering ditanam POY 3016, P.S. 30, P.S. 41, P.S. 38, P.S. 36, P.S. 8, B.Z. 132, B.Z. 62, dll. Secara morfologi, tanaman tebu dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu batang, daun, akar dan bunga.

1. Batang

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tanaman yang tumbuh baik, tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 meter atau lebih. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasi. Pada batang terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan. Lapisan ini banyak terdapat sewaktu batang masih muda. Batangnya beruas-ruas dengan panjang 10-30 cm. Batang bawah mempunyai ruas yang lebih pendek. Ruas batang dapat berbentuk tong, silindris, kelos, konis, konis terbalik/cembung cekung. Ruas batang dibatasi oleh buku-buku yang merupakan tempat kedudukan daun. Di setiap ketiak daun terdapat mata tunas berbentuk bulat atau bulat panjang. Mata tunas ini yang nantinya akan tumbuh menjadi bibit.

2. Daun

Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling.

3. Akar

Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai 1 meter. Sewaktu tanaman masih muda atau masih berupa bibit, ada 2 macam akar, yaitu akar stek dan akar tunas. Akar stek atau bibit berasal dari stek batangnya. Akar ini tidak berumur panjang dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda. Akar tunas berasal dari tunas. Akar ini akan berumur panjang dan akan tetap ada selama tanaman tumbuh.

4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk yang tersusun atas malai dengan pertumbuhan terbatas. Sumbu utamanya bercabang-cabang makin ke atas makin kecil, sehingga membentuk piramid. Panjang bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kelopak putik.

2.2.1 Iklim Tanaman Tebu

Tumbuhan ini dapat hidup pada berbagai ketinggian mulai dari pantai sampai dataran tinggi (1400 mdpl). Namun, mulai ketinggian 1200 mdpl pertumbuhannya menjadi lambat.

a. Curah Hujan

Daerah yang sesuai untuk pengembangan tanaman tebu adalah dataran rendah dengan jumlah curah hujan tahunan antara 1500-300 mm. Selain itu, penyebaran hujannya sesuai dengan pertumbuhan dan kematangan tebu. Berdasarkan kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhannya, maka curah hujan yang ideal di wilayah pertanaman tebu adalah 200 mm/bulan pada setiap 5-6 bulan berturut-turut, 125 mm/bulan pada 2 bulan transisi, dan kurang dari 75 mm/bulan pada 4-5 bulan berturut-turut. Rata-rata curah hujan yang diperlukan sekitar 1800-2500 mm/tahun. Jika curah hujan tidak cukup, harus diberi aliran irigasi. Pertumbuhan vegetatif harus didukung oleh hujan yang tinggi dan merata; selama pematangan, tebu memerlukan suatu musim kering untuk mengurangi proses pertumbuhan dan akan menyebabkan akumulasi gula.

b. Sinar Matahari

Dalam proses pertumbuhan tebu, radiasi sinar matahari sangat besar peranannya, terutama untuk fotosintesis yang selanjutnya akan mengatur pertunasan dan pemanjangan batang. Tebu tumbuh dengan subur di bawah cahaya matahari yang penuh di mana daun-daunnya terpenuhi pada sekitar 10 750 lux dan titik balik kira-kira 430 lux. Secara kuantitatif tebu merupakan tanaman berhari pendek; periode siang hari 12-14 jam adalah jumlah maksimum untuk pertumbuhan dan perbungaan.

c. Angin

Agar tebu dapat tumbuh dengan baik, kecepatan angin idealnya tidak lebih dari 10 km/jam. Pada kecepatan angin seperti ini, suhu dan kadar CO₂ disekitar tajuk tebu akan turun, sehingga fotosintesis dapat berlangsung dengan baik.

d. Suhu

Pertumbuhannya menebal dan memanjang dari tanaman tebu sangat dipengaruhi oleh suhu. Untuk pertumbuhan tebu dibutuhkan suhu optimal antara 24°-30° C, dengan beda musiman tidak lebih dari 6° C. Selain itu, beda suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10° C. Temperatur optimum untuk perkecambahan tebu adalah 26°-33° C dan 30°-33° C untuk pertumbuhan vegetatif. Selama pertumbuhan menjadi dewasa, temperatur malam yang relatif rendah (di bawah 18° C) berguna untuk pembentukan kandungan sukrosa yang tinggi.

e. Kelembaban udara

Pada kelembaban tinggi akan terbentuk kabut yang dapat menghalangi radiasi sinar matahari, sehingga proses fotosintesis terhambat. Kelembaban udara kurang penting untuk perkembangan tebu. Di dataran tinggi pertumbuhan tebu agak terganggu karena temperatur yang rendah, terutama saat malam akan memperlambat pertumbuhan dan perkembangannya walaupun tumbuhan tersebut akan meningkatkan kandungan gulanya.

f. Kemiringan Lahan

Bentuk lahan sebaiknya datar sampai sedikit berombak, dengan kemiringan kurang dari 8%. Daerah yang terbaik untuk tanaman tebu adalah daerah yang

mempunyai kemiringan kurang dari 2%. Di Asia Tenggara, batas maksimum ketinggian untuk pertumbuhan normal adalah 600-700 m di atas permukaan laut. Pada Ketinggian yang lebih tinggi siklus pertumbuhan akan lebih panjang dari 14-18 bulan.;

g. Tanah

Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman tebu adalah tanah dengan derajat keasaman berkisar antara 5,7-7. Disamping itu, beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk pertanaman tebu. Syarat-syarat tersebut adalah kedalaman efektif minimal 50 cm, tekstur sedang sampai berat, struktur baik dan mantap, tidak terdapat lapisan padas, tidak tergenang air, kadar garam kurang 1 milimush/cm³, kadar klor kurang dari 0,06% serta kadar natrium kurang dari 12% (Tim Penulis PS, 2000). Tebu dapat tumbuh dengan baik pada beragam jenis tanah, tetapi dalam kondisi tanah gembur dan berdrainasi baik dengan pH 5-8, kandungan nutrisi dan senyawa organik banyak dan kemampuan menahan kapasitas air baik. Sebagai tanaman vegetatif, tebu memerlukan sejumlah besar nitrogen, kalium, kalsium dan silika. Unsur-unsur dasar tersebut berperan penting dalam perkembangan tebu. Ketidaktersediaan senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan pertumbuhan tidak sempurna. (Sumiarsih dan Indirani, 1994).

2.2.2 Budidaya Tanaman Tebu

I. Persiapan Lahan

Persiapan lahan untuk memulai budidaya di lahan kering sangat berbeda dengan lahan sawah. Langkah-langkah persiapan lahan kering meliputi pembukaan lahan, pengolahan tanah dan pembuatan juringan.

a. Pembukaan Lahan

Langkah-langkah pembuatan lahan harus disesuaikan dengan daerahnya.

Adapun, langkah-langkah itu adalah sebagai berikut :

- Daerah hutan primer, hutan sekunder atau bekas perkebunan
Daerah tersebut harus dilakukan pembeian batas, pembabatan semak, perdu dan rumput. Lahan dibersihkan dari sisa-sisa penebangan dan diratakan dengan bulldoser.

- Daerah padang rumput

Rumput dibabat, dibuang atau dibakar dan lahan dibersihkan dari segala kotoran.

- Daerah rawa dan lebak

Air yang tergenang dialirkan. Tanaman air yang ada dihilangkan. Pembukaan di daerah ini lebih efisien, jika dilakukan pada musim kemarau.

b. Pengolahan Tanah

Tekstur tanah di lahan kering ada yang berat, sedang dan ringan. Pengolahan tanah bertekstur berat dapat memakai bajak atau garu yang ditarik traktor. Tanah bertekstur sedang dapat ditarik dengan menggunakan bajak ditarik oleh ternak. Sedangkan, tekstur tanah yang ringan dapat dikerjakan oleh manusia.

c. Pembuatan Juringan

Di akhir pengolahan tanah dilakukan pembuatan juringan sedalam 25-30 cm. Jarak antar pusat ke pusat antara 95-125 cm. Untuk lahan dengan kemiringan lebih dari 3%, juringan dibuat sejajar dengan garis tinggi (kontur). Panjang juringan sekitar 50 meter.

II. Persiapan Bibit

Jenis bibit yang digunakan adalah bibit bagal dengan 3-4 mata tunas atau bibit pucuk dengan panjang 35-40 cm. Setelah pisau pemotong bibit digunakan 3-4 kali harus dicelupkan dalam lysol 20%. Maksudnya, untuk mencegah penularan bibit penyakit.

III. Pemberian Pupuk

Dasar juringan diberi pupuk dasar. Setelah pupuk rata, bibit diletakkan dengan mata tunas menghadap ke samping. Posisi bibit tersebut lebih efisien, bila selang-seling (overlap), sehingga tiap 1 meter juringan berisi 9-11 mata tunas. Selesai diletakkan, bibit ditutup tanah setebal 3 cm untuk penanaman periode I dan 5 cm untuk periode II. Bibit sumpungan ditanam diujung juringan dengan jumlah 10% dari bibit seluruhnya (Tim Penulis PS, 2000).

2.2.3 Kandungan dan Rendemen Tanaman Tebu

- Kandungan Tebu

Bila tebu dipotong, akan terlihat serat-serat dan terdapat cairan yang manis. Serat dan kulit batang biasa disebut blotong dengan persentase sekitar 12,5% dari bobot tebu. Cairannya disebut dengan nira dengan persentase 87,5%. Nira terdiri dari air dan bahan kering. Bahan kering tersebut ada yang larut dan ada pula yang tidak larut dalam nira. Gula yang merupakan produk akhir dari pengolahan tebu terdapat dalam bahan kering yang larut dalam nira. Akan tetapi, bahan yang larut juga mengandung bahan bukan tebu. Jadi, dapat dibayangkan betapa kecilnya persentase gula dalam tebu.

- Rendemen Tebu

Istilah yang tidak bisa dipisahkan dengan nira adalah rendemen. Rendemen secara umum diartikan sebagai persen jumlah yang dapat dimanfaatkan dari jumlah keseluruhan. Rendemen tebu menunjukkan besarnya kandungan gula didalam batang tebu. Besar kecilnya rendemen sangat berpengaruh pada harga tebu. Sehingga hal-hal yang mempengaruhi rendemen perlu diperhatikan. Berkurangnya rendemen dapat terjadi sewaktu melakukan budidaya atau didalam pabrik. Dengan mengetahui berbagai hal yang dapat mempengaruhi rendemen maka dapat dilakukan peningkatan nilai rendemen sedini mungkin.

1. Berkurangnya rendemen dapat disebabkan hal-hal yang menyangkut tanaman, seperti hal-hal berikut ini (Tim Penulis PS, 2000) :
2. Varietas tebu ada yang mempunyai bakat rendemen tinggi, bobot tinggi atau antara rendemen dan bobot seimbang.
3. Mutu budidaya tebu yang dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu waktu penanaman, bulan tanam, penyiangan dan pembubunan, pemupukan, hama dan penyakit.
4. Pertumbuhan tanaman yang kurang baik, misalnya doyong atau roboh; tinggi tanaman kurang dari 3 meter dan banyak keluar siwilan cabang yang tumbuh liar.

5. Umur penebangan hendaknya pada saat tanaman mengalami kematangan optimal, karena jika penebangan sebelum atau sesudah saat itu menyebabkan rendemen turun
6. Keadaan lingkungan.
7. Mutu tebangan.

2.3 Lahan Kering

Lahan kering adalah suatu hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu (Kurnia *et al*, 2004). Lahan kering adalah hamparan lahan yang didayagunakan tanpa penggenangan air, baik secara permanen maupun musiman dengan sumber air berupa hujan atau air irigasi (Suwardji, 2003). Lahan kering adalah sebidang tanah yang dapat digunakan untuk usaha pertanian dengan menggunakan atau memanfaatkan air secara terbatas, dan biasanya bergantung dari air hujan (Rukmana, 1995). Menurut soil Survey Staffs (1998) dalam Haryati (2002), lahan kering adalah hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air selama periode sebagian besar waktu dalam setahun. Sedangkan definisi dari konvensi internasional PBB mengenai lahan kering adalah lahan yang menerima curah hujan tahunan kurang dari duapertiga dari evaporasi potensial, dimana produksi tanamannya dibatasi oleh ketersediaan air.

Untuk menghilangkan kerancuan penggunaan istilah lahan kering dan pertanian lahan kering, perlu dibedakan pengertian kering yang mengunjuk :

- 1) Keadaan iklim yang kering dalam istilah bahasa Inggris arid land menurut salah satu takrifnya : (a) Daerah dengan curah hujan tahunan kurang dari 250 mm (USA); (b) Daerah yang jumlah hujannya tidak mencukupi untuk menghidupi vegetasi sedikitpun; (c) Daerah yang jumlah hujannya tidak mencukupi untuk memapankan pertanian tanpa irigasi; dan (d) Daerah dengan jumlah evaporasi potensial melebihi jumlah curahan aktual (Monkhouse and Small, 1978).
- 2) Keadaan lahan yang berkaitan dengan pengatusan alamiah lancar (bukan rawa, dataran banjir, lahan dengan air tanah dangkal dan lahan basah alamiah lain).

3) Lahan pertanian yang diusahakan tanpa penggenangan.

Lahan kering merupakan salah satu ekosistem sumber daya lahan yang mempunyai potensi besar untuk pembangunan. Mengingat potensinya yang besar, maka pengembangan lahan kering perlu didorong dan ditingkatkan. Mengembangkan pertanian lahan kering dataran rendah saat ini dan yang akan datang merupakan pilihan strategis dalam menghadapi tantangan peningkatan produksi pertanian untuk informasi awal menempati lahan tanpa kendala atau hambatan, lahan dengan kesuburan tanah rendah, lahan dengan tanah retak-retak, lahan dengan tanah dangkal dan lahan perbukitan (Hidayat dan Mulyani, 2002).

Tipologi lahan ini dapat dijumpai dari dataran rendah (0-700 m dpl) hingga dataran tinggi (> 700m dpl). Dari pengertian diatas, maka jenis penggunaan lahan yang termasuk dalam kelompok lahan kering mencakup: lahan tadah hujan, tegalan, ladang, kebun campuran, perkebunan, hutan, semak, padang rumput, dan padang alang-alang (Tejoyuwono, 1997). Tegalan adalah usahatani lahan kering dengan tanaman semusim. Pada umumnya pola penggunaan tegalan dimasukkan pada daerah-daerah yang tidak mendapat pengairan secara teratur atau sumber air tergantung pada curah hujan. Kelompok pengguna ini terpencar-pencar di daerah berombak sampai daerah berbukit. Lahan kering di Indonesia meliputi luas lebih dari 140 juta ha (Hidayat dan Mulyani, 2002). Menurut BPS (2001), sekitar 56 juta ha lahan kering di Indonesia (di luar Maluku dan Papua) sudah digunakan untuk pertanian. Dilihat dari luasan, lahan kering merupakan sumberdaya lahan yang mempunyai potensi besar untuk menunjang pembangunan pertanian di Indonesia.

Lahan kering beriklim basah dicirikan oleh tipe hujan A, B, dan C (Schmidt dan Ferguson, 1951) serta mempunyai penyebaran cukup luas, meliputi 74,58 juta hektar dimana sekitar 49 juta hektar merupakan lahan potensial untuk pengembangan pertanian tanaman pangan. Kendala utama adalah tingkat produktivitasnya yang rendah, dicirikan oleh reaksi tanah masam, miskin hara, bahan organik rendah, kandungan besi, mangan dan aluminium tinggi melebihi batas toleransi tanaman serta peka erosi (Hidayat *et al.*, 2000). Masalah fisik lahan kering banyak yang telah rusak atau mempunyai potensi yang cukup besar

untuk menjadi rusak. Kekurangan air pada saat musim kemarau, kahat unsur hara serta keadaan tanah yang peka terhadap erosi merupakan kendala lingkungan yang paling dominan di kawasan lahan kering (Suwardji, 2003).

2.4 Model *CropWat for Windows*

2.4.1 Pengertian

CropWat for Windows dulunya bernama *CropWat* yang dikeluarkan oleh FAO (1990) yang bertujuan untuk perencanaan dan pengelolaan proyek irigasi. Dalam perkembangan selanjutnya, program ini berubah nama menjadi *CropWat for Windows* yang juga keluaran FAO dan Southamton University of UK dan National Water Research Center of Egypt (NWRC).

Cropwat merupakan suatu sistem bantu pengambilan keputusan pengembangan daratan dan air yang dikembangkan oleh divisi FAO. *CropWat* adalah suatu sistem DOS atau windows yang mendasarkan sistem bantu dalam merancang pengambilan keputusan sebagai alat bantu praktis untuk membantu ahli pertanian dan meteorologi, ahli ilmu tanah dan ahli irigasi untuk menyelesaikan perhitungan sesuai ukuran untuk evapotranspirasi dan studi hasil penggunaan air, dan desain lebih khusus untuk perencanaan manajemen irigasi (FAO, 1992).

CropWat for Windows merupakan suatu program yang menggunakan metode Penman-Monteith dalam FAO (1992) yang digunakan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi tanaman. Nilai estimasi ini digunakan dalam perhitungan kebutuhan air tanaman, kebutuhan irigasi, jadwal irigasi, dan untuk menghitung penurunan hasil tanaman. Fungsi utamanya adalah:

Untuk menghitung :

- Acuan Evapotranspirasi
- Hasil kebutuhan air
- Hasil kebutuhan irigasi

Untuk mengembangkan :

- Penentuan irigasi berbagai kondisi di bawah perencanaan
- Perencanaan ketersediaan air

Untuk mengevaluasi :

- Dampak kekeringan dan produksi curah hujan
- Efisiensi praktek irigasi

Perijinan pengembangan rekomendasi untuk meningkatkan hasil praktek irigasi, penentuan irigasi berbagai kondisi persediaan air di bawah perencanaan, dan penilaian produksi irigasi di bawah defisit atau berbagai kondisi curah hujan.

Menghitung hasil kebutuhan irigasi dan hasil kebutuhan air dengan menerima masukan dari data iklim untuk menghasilkan data. Hasil data sesuai ukuran tercakup di program dan data iklim dapat diperoleh dari 144 negara-negara melalui data pusat *ClimWat* (file iklim dan curah hujan). Pengembangan evaluasi dan penentuan irigasi dari curah hujan dan praktek irigasi didasarkan pada kebutuhan timbangan air tanah yang menggunakan berbagai pilihan untuk ketersediaan air dan berbagai kondisi perencanaan irigasi. Perencanaan ketersediaan air dihitung menurut hasil pola tanam (Smith and Kivumbi, 2005).

Metode ini berdasarkan prosedur FAO 24 yang diterbitkan pada tahun 1977 yang telah direkomendasikan secara menyeluruh pada pendugaan evapotranspirasi berlebih (Smith and Kivumbi, 2005). Program ini menggunakan metodologi Penman-Monteith yang sama dan ada dalam *CropWat* versi 5.7 dan 7.0 dan menggunakan data yang sama seperti *ClimWat* (file iklim dan curah hujan). Dalam program ini menggunakan data manual serta menghasilkan grafik. Grafik-grafik dari input data (iklim dan pola tanam) dan menghasilkan (kebutuhan air (CWR) dan defisit kelembaban tanah) yang dapat tergambar dan dicetak dengan mudah. *CropWat for Windows* menggunakan data bulanan untuk mengetahui evapotranspirasi. Data ini dimasukkan ke dalam data harian (Clarke dalam Watugunung, 2005).

2.4.2 Data yang digunakan dalam Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman (CWR)

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan kebutuhan air tanaman (CWR), antara lain :

- a. Nilai evapotranspirasi tanaman (ET_o), melalui metode Penman-Monteith.

Dalam *CropWat for Windows*, ETo diketahui dari memasukkan data iklim bulanan yang mencakup data suhu; kelembaban tanah; kecepatan angin dan penyinaran matahari.

- b. Data curah hujan harian (periode atau bulanan).
- c. Pola tanam yang terdiri dari tanggal tanam, koefisien tanaman (yang menyangkut nilai Kc, stadia pertumbuhan, kedalaman perakaran, fraksi deplesi) dan areal tanaman (0-100% dari luas total area).

Untuk perhitungan jadwal irigasi, model memerlukan informasi data tambahan mengenai :

1. Tipe tanah
Total air tersedia, kedalaman perakaran maksimum, deplesi lengas tanah awal (% dari kadar lengas total tersedia).
2. Kriteria penjadwalan
Dalam proses ini harus secara spesifik penjadwalannya (misalnya, 100 mm setiap 14 hari atau irigasi untuh menjenuhi tanah atau kapasitas lapang, dimana semua kelembaban digunakan).

Setelah semua data dimasukkan, *CropWat for Windows* akan menghitung dengan cepat sampai diperoleh hasil akhir (Clarke dalam Watugunung, 2005).

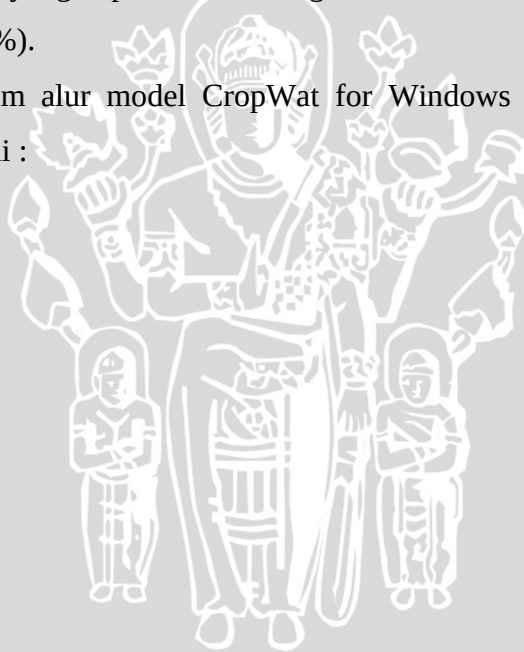
2.4.3 Data yang dihasilkan dalam Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman (CWR)

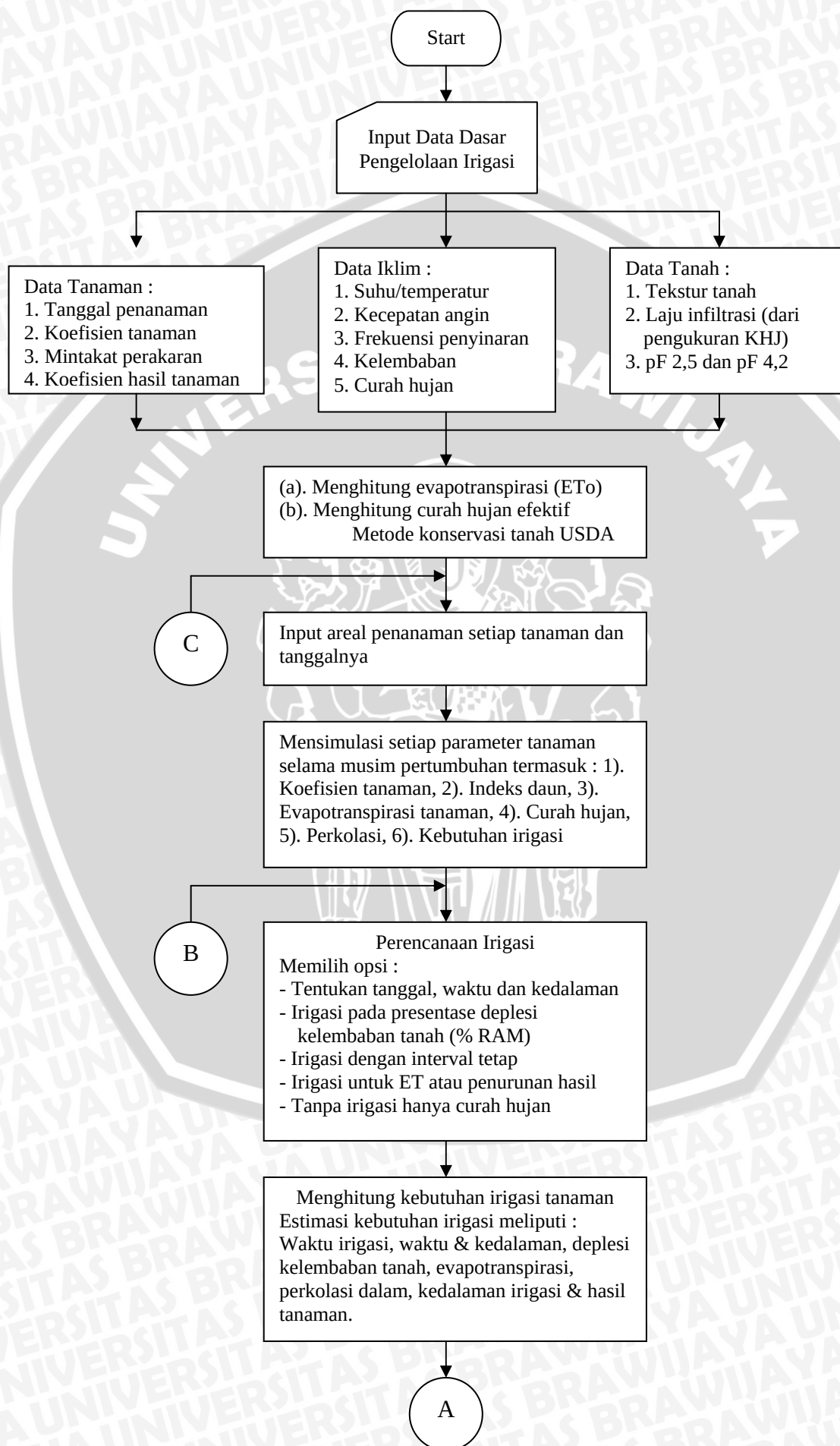
Data yang dihasilkan untuk kebutuhan air tanaman (CWR), sebagai berikut (Clarke dalam Watugunung, 2005) :

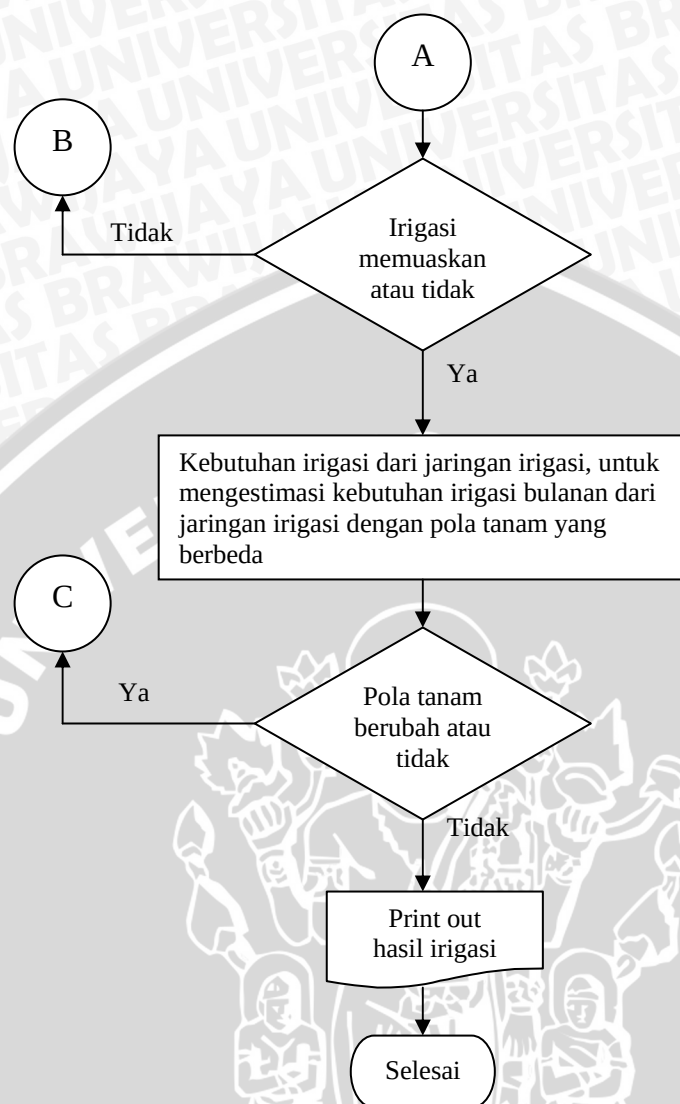
1. Menghasilkan acuan evapotranspirasi- ETo (mm/periode), $ETo = CWR/Kc$;
2. Menghasilkan Kc- nilai rata-rata koefisien tanaman (tergantung jenis tanaman dan pertumbuhan), $Kc = CWR/ETo$;
3. Hujan efektif (mm/periode)-jumlah air yang masuk dilahan, $Pe_{eff} = P \text{ mean} \times (125 - 0.2 P \text{ mean}) / 125$; untuk $P \text{ mean} < 250 \text{ mm}$ dan $Pe_{eff} = 125 + 0.1 \times P \text{ mean}$; untuk $P \text{ mean} > 250 \text{ mm}$;
4. Menghasilkan kebutuhan air-CWR atau ETm (mm/periode), $CWR = ETo \times Kc$;
5. Kebutuhan irigasi - IWR (mm/periode), $IWR = CWR - Pe_{eff}$;

6. Total air tersedia-TAM (mm), $TAM = \text{total lengas tanah tersedia} - \text{kedalaman perakaran}$;
7. Ketersediaan air-WHC (mm), $WHC = TAM - RAM$;
8. Hasil evapotranspirasi tanaman-DII (mm);
9. Perbandingan dari hasil evapotranspirasi tanaman dengan evapotranspirasi maksimum - ET_c/ET_m (%), $ET_c = K_c \times ETo/ET_m = K_c \times ETo$;
10. Defisit air harian dilahan (mm);
11. Menerapkan interval irigasi (hari) & kedalaman irigasi (mm);
12. Irigasi yang hilang (mm), air irigasi tidak disimpan di lahan (permukaan *runoff* atau perkolasi manapun);
13. Pengurangan hasil yang diperkirakan dengan hasil tekanan (kapan ET_c/ET_m jatuh dibawah 100%).

Selanjutnya diagram alur model CropWat for Windows dapat ditampilkan pada gambar berikut ini :







Gambar 3. Diagram Alur Kerja Model *CropWat 4 Windows* (Sheng-Feng, 1999)

2.5 Air Tanah

Air tanah juga merupakan salah satu sifat fisik penting yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman dan aspek-aspek kehidupan manusia lainnya. Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah telah diklasifikasikan sebagai air higroskopis, kapiler dan gravitasi. Air higroskopis adalah pada permukaan butir tanah dan tidak dapat bergerak secara berarti oleh kekuatan gravitasi atau kapilaritas. Air kapiler merupakan bagian dari kelebihan air higroskopis yang ada didalam rongga tanah dan tertahan oleh gaya gravitasi dalam tanah sehingga membolehkan tidak

terhalangnya drainase. Air gravitasi adalah bagian kelebihan air higroskopis dan kapiler yang akan siap bergerak keluar tanah jika drainase yang baik tersedia. Tidak ada batasan yang tepat antara tiga tingkatan air ini. Jumlah tingkatan air ini tergantung tekstur tanah, struktur tanah, bahan organik, temperatur dan kedalaman tanah (Kertasapoetra, 1994). Selain sebagai komponen penyusun jaringan tanaman, air tanah juga berfungsi dalam pelarutan dan transportasi unsur hara ke akar-akar tanaman. Secara tidak langsung air tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan cara mengontrol temperatur tanah. Kehilangan air bagi tanaman dapat menyebabkan terhentinya pertumbuhan tanaman dan defisiensi air yang terus menerus menyebabkan tanaman mati. Kekurangan air juga dapat mengakibatkan menurunnya pertumbuhan dan produksi tanaman itu sendiri.

Daerah penampungan (reservoir, reservation) air tanah terdapat di lapisan bagian bawah tanah, tepatnya didalam lapisan padat atau sarang batuan yang biasanya terbentuk dari bahan-bahan pasir dan kerikil, tufa vulkanis, batu gamping dan beberapa bahan lainnya. Lapisan penampungan air tanah ini selanjutnya dikenal sebagai lapisan pengandung air (aquifer), air yang terkumpul disini mudah bergerak dari tempatnya yang lebih tinggi ke tempat-tempat yang lebih rendah. Berkaitan dengan kondisi dan letaknya didalam tanah, lapisan pengandung air (*aquifer*) tersebut biasanya dibedakan menjadi berikut ini :

- a. Lapisan pengandung air tanah yang bebas atau tidak terbatas (*unconfined aquifer*). Lapisan ini di bagian bawahnya terdapat atau dibatasi oleh lapisan kedap air, sedangkan di sebelah atasnya berupa muka air yang berhubungan dengan atmosfer.
- b. Lapisan pengandung air tanah yang tertekan atau terbatas (*confined aquifer*). Lapisan ini di bagian atas dan di bagian bawahnya di batasi oleh lapisan kedap air.
- c. Lapisan pengandung air tanah tumpang (*perched aquifer*). Lapisan ini terletak di atas lapisan kedap air yang tidak begitu luas, berada pada zona aerasi di atas *water table*. Karena volume air pada lapisan pengandung air tanah ini kenyataannya tidak banyak maka *perched aquifer* kurang dapat diandalkan sebagai sumber air.

Pemanfaatan air tanah untuk pengairan pertanian terutama kalau air tanah itu mengalir keluar melalui mata air-mata airnya (Kertasapoetra, 1994). Dalam siklus hidrologi, air tanah juga mempunyai peran sebagai salah satu mata rantai yang berfungsi sebagai reservoir, yang kemudian melepaskannya secara perlahan ke dalam sungai atau danau sehingga kesinambungan aliran terjaga. Walaupun air tanah tawar hanya sekitar 0,62 % dari semua air (termasuk air laut) di dunia (Foth, 1984).

2.6 Ketersediaan Air Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Air merupakan sumberdaya alam yang ketersediaannya semakin lama semakin berkurang, sehingga kita harus dapat memanfaatkannya dengan bijaksana agar kebutuhan kita akan air dapat selalu terpenuhi. Ketersediaan air dalam tanah adalah penting bagi pertumbuhan, bukan hanya karena tanaman membutuhkan air untuk fungsi fisiologisnya saja, tetapi juga karena air berfungsi juga sebagai pelarut hara. Air sangat dibutuhkan dalam proses pengambilan unsur hara oleh tanaman karena sebagian besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman diambil dalam bentuk ion terlarut dalam air tanah. Banyaknya air tanah yang terdapat dalam tanah per satuan volume tanah dan kedalaman tanah dimana tanah dapat menjangkau air (Russel, 1973).

Bagian-bagian air tanah yang penting dalam hubungannya dengan tanaman adalah jumlah air tersedia. Air dapat juga diklasifikasikan sebagai tak tersedia, tersedia dan gravitasional (berlebihan). Pengelompokan semacam itu dikaitkan terhadap ketersediaan air tanah pada tanaman. Air gravitasi merupakan air yang mudah mengering dengan cepat dari daerah akar pada keadaan drainase yang normal. Air yang tak tersedia adalah air yang dipertahankan secara ketat oleh gaya kapiler yang biasanya tidak mudah dijangkau oleh akar tanaman. Sedangkan, air yang tersedia merupakan perbedaan kelembaban tanah antara kapasitas lapangan dan kelayuan permanen atau perbedaan antara air gravitasional dan air yang tak tersedia (Kertasapoetra, 1994). Menurut Baver *et al.*, (1972), air tersedia didefinisikan sebagai kadar air tanah yang berada diantara keadaan kapasitas lapang dan titik layu permanen. Kapasitas lapang didefinisikan sebagai kadar air

yang dapat ditahan dengan gaya yang sama besarnya dengan gaya gravitasi tetapi arahnya berlawanan atau setelah pergerakan air gravitasi terhenti. Keadaan ini dapat dicapai 2 sampai 3 hari setelah pembasahan tanah oleh air hujan atau air teririgasi. Jumlah air yang dapat tersedia untuk pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kadar bahan organik, tekstur dan struktur tanah (Buckman dan Brady, 1982).

2.7 Pengaruh Ketersediaan Air Tanah terhadap Pertumbuhan Tanaman

Air terdapat di dalam tanah karena diserap atau ditahan oleh massa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air, atau karena keadaan drainase yang kurang baik. Guna air bagi pertumbuhan tanaman adalah :

1. Sebagai unsur hara tanaman.

Tanaman memerlukan tanaman dan CO_2 dari udara untuk membentuk gula dan karbohidrat dalam proses fotosintesis.

2. Sebagai pelarut unsur hara.

Unsur-unsur hara yang terlarut dalam air diserap oleh akar-akar tanaman dari larutan tersebut.

3. Sebagai bagian dari sel tanaman.

Air merupakan bagian dari protoplasma.

Persediaan air dalam tanah tergantung dari (1) Banyaknya curah hujan atau irigasi, (2) Kemampuan tanah menahan air, (3) Besarnya evapotranspirasi (penguapan langsung dari tanah maupun vegetasi), (4) Tingginya muka air tanah (Hardjowigeno dalam Heny Mariana, 2006).

Kekurangan air sebagai akibat transpirasi yang berlebihan dapat berpengaruh negatif dan positif bagi tanaman. Pengaruh negatif dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil panen sampai 50%. Sedangkan kekurangan air terjadi pada fase generatif pengaruhnya tidak sebesar pada fase vegetatif dan penurunan hasil panen hanya sekitar 25%. Selain berpengaruh negatif, pada batas-batas tertentu kekurangan air dapat berpengaruh positif terhadap tanaman terutama dalam kaitannya dengan peningkatan kualitas hasil. Sebagai contoh pada tanaman buah-buahan dapat meningkatkan rasa manis pada

buah, pada tanaman tebu dapat meningkatkan kadar gula (rendemen) dan pada tanaman tembakau dapat meningkatkan kadar nikotin daun (Sugito, 1999).

2.8 Kebutuhan Air Tanaman

Produksi tanaman dapat optimal apabila jumlah air yang dibutuhkan cukup selama masa pertumbuhannya. Jumlah air yang cukup memenuhi untuk pertumbuhan tanaman sering juga disebut sebagai kebutuhan air tanaman (CWR) (Santosa, 2006). Kebutuhan air setiap tanaman berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah, kondisi iklim tempat tumbuh tanaman dan lamanya periode pertumbuhan. Doorenbos dan Kassam (1979) mengemukakan bahwa kebutuhan air tanaman adalah sama dengan evapotranspirasi (ET_c). Hal ini berarti bahwa air yang hilang melalui evapotranspirasi harus diganti dengan jumlah air yang sama untuk memenuhi kebutuhan air suatu jenis tanaman.

2.9 Struktur dan Tekstur Tanah

Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah, gumpalan struktur ini terjadi karena butir-butir pasir, debu dan liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, oksida-oksida besi dan lain-lain. Gumpalan-gumpalan kecil ini memiliki bentuk, ukuran dan kemantapan (ketahanan) yang berbeda-beda (Hardjowigeno, 1982). Menurut Syarief *dalam* Atho'illah (2005), bahwa struktur tanah dapat didefinisikan sebagai sifat fisik yang penting karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta tidak langsung berupa perbaikan peredaran air, udara dan panas aktivitas jasad hidup tanah. Tersedianya unsur hara bagi tanaman, perombakan bahan organik dan mudah tidaknya akar menembus tanah lebih dalam.

Struktur tanah mempengaruhi kapasitas penahanan air melalui cara tersusunnya partikel-partikel yang sangat padat mempunyai ruang hanya untuk lapisan air yang tipis di sekitarnya, air tersebut dipegang kuat sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Thompson dan Troeh, 1978). Struktur tanah lebih memegang peranan penting dalam pertumbuhan akar menembus tanah dan dapat tumbuh dengan cepat (Lutz dan Candler, 1964).

Sedangkan, tekstur tanah sangat besar pengaruhnya terhadap kapasitas lapang, karena air dipegang sebagai lapisan pada permukaan partikel dan ruang pori mikro diantara partikel. Bila, teksturnya halus, air pada kapasitas lapang banyak jumlahnya karena partikel kecil memiliki luas permukaan yang besar dan juga jumlah pori mikro yang banyak. Tanah yang bertekstur halus akan memegang air dalam jumlah yang lebih banyak bila dibandingkan dengan tanah yang bertekstur kasar (Thompson dan Troeh, 1978).

2.10 Kurva pF

Kurva pF atau titik layu permanen adalah kadar kelembaban tanah bilamana tanaman layu secara permanen atau titik terbawah daerah kelembaban yang tersedia. Suatu tanaman akan layu bila tidak bisa lebih lama untuk menghisap air yang cukup dari tanah untuk memperoleh air yang dibutuhkan. Kelayuan sementara akan terjadi pada banyak tanaman pada suatu hari yang panas dan angin bertiup, tetapi tanaman pulih kembali pada saat hari yang lebih sejuk. Kelayuan permanen begitu pula kelayuan sementara tergantung pada besarnya pemakaian air oleh tanaman, kedalaman daerah akar, dan kapasitas tanah menahan air. Kelayuan tanaman akan terjadi pada kadar kelembaban yang lebih tinggi dalam suatu iklim yang panas daripada iklim yang dingin. Suatu tanaman dianggap layu permanen bila tidak akan pulih kembali sesudah ditempatkan dalam atmosfer jenuh air dimana terjadi sedikit atau tidak ada kebutuhan air.

Perkiraan lapangan titik layu seringkali dapat dilakukan dengan menentukan kadar kelembaban tanah dimana tanaman telah layu secara permanen. Cara ini bisa mengalami lebih banyak kekeliruan dan membutuhkan lebih banyak pertimbangan daripada penentuan kapasitas lapang di lapangan. Kelonggaran harus dibuat untuk kedalaman dan keadaan akar. Kesulitan sering dialami untuk memperoleh tanaman yang mengalami layu permanen setelah pemberian air, asalkan tanaman menggunakan air yang cukup, akan membutuhkan waktu 1 minggu pada tanah pasir dan kurang lebih 4 minggu pada tanah lempung serta akan lebih lama jika tanaman itu akarnya dalam.

Tegangan dimana terjadi titik layu permanen bervariasi dari 7 atm sampai 40 atm, tergantung pada besarnya kebutuhan air, tanaman, kadar garam tanah, dan tekstur tanah. Apabila temperatur dan besarnya kebutuhan air meningkat kelayuan permanen akan terjadi pada tegangan yang lebih rendah dan kadar kelembaban lebih tinggi. Tegangan dalam air tanah bila tanah ada pada kelayuan yang permanen biasanya dianggap 15 atm. Meskipun dalam kenyataannya adalah 10 atm atau 20 atm terjadi perbedaan sangat kecil, karena perubahan kelembaban adalah sedikit dengan perubahan tegangan kelembaban yang agak besar.

Sebagai suatu perkiraan, persentase kelayuan permanen dapat diperkirakan dengan dapat membagi kapasitas lapang oleh suatu faktor yang bervariasi dari 2,0 sampai 2,4 tergantung pada jumlah lumpur yang tinggi, maka dapat dipakai 2,4 (Sostrodarsono dan Takeda, 1985).

2.11 Kurva Karakteristik Lengas Tanah

Kurva karakteristik lengas tanah menunjukkan jumlah air yang terkandung di dalam tanah pada tekanan matriks tanah 0,1 kPa; 1 kPa; 10 kPa; dan 1500 kPa. Air yang terdapat pada pF 2 merupakan air pada kondisi kapasitas lapang yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi (Hardjowigeno, 1993). Tanah dengan kapasitas lapang yang lebih tinggi akan menyebabkan lebih banyak air yang terikat oleh matrik tanah tersebut sehingga lengas tanahnya menjadi tinggi.

2.12 Konduktivitas Hidraulik Jenuh

Konduktivitas hidraulik merupakan kecepatan bergeraknya suatu cairan pada media berpori (Tim Jurusan Tanah, 1997). Menurut Juo and Franzieuebbbers, 2003, konduktivitas hidraulik merupakan karakteristik tanah yang menggambarkan kecepatan pergerakan air melalui pori tanah pada kondisi tanah yang jenuh. Pergerakan air tersebut disebabkan oleh gaya gravitasi.

2.13 Bahan Organik Tanah

Menurut Hairiah *et al.*, (2000), bahan organik merupakan sisa-sisa tanaman, hewan, manusia yang belum terlapuk baik yang berada di atas permukaan maupun di dalam air tanah. Semakin tinggi kandungan bahan organik pada tanah, semakin banyak air yang diikat oleh bahan organik tersebut, sehingga ketersediaan air dalam tanah semakin meningkat. Bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan kemampuan tanah menahan air melalui pengikatan molekul-molekul air lewat gugus-gugus fungsionalnya dan pengisian pori-pori mikro tanah akibat agregasi yang lebih baik (Stevenson, 1982). Hal ini telah dibuktikan pada berbagai penelitian bahwa tanah-tanah dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi akan memiliki kemampuan memegang air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang kandungan bahan organiknya lebih rendah (Sukmana *et al.*, 1986; Erfandi *et al.*, 1993).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. Letak lokasi penelitian sekitar 9 km sebelah Selatan Balai Kota Malang. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari - Oktober 2008 dengan melaksanakan jenis kegiatan yang sudah ada. Pengambilan sampel tanah yang akan diambil meliputi tegal tebu lahan kering. Analisis data dan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika, Kimia, P2JP dan Komputer Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Secara umum, alat yang digunakan penelitian tersebut adalah ring contoh, alat untuk mengambil contoh tanah dan survei set. Bahan yang digunakan adalah contoh tanah yang diambil menggunakan ring sampel maupun contoh tanah biasa. Alat dan bahan penelitian disajikan dalam Tabel 1. berikut ini :

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Alat	Bahan
1	Penentuan titik pengamatan di lapangan	-	Peta administrasi dan bolpoin
2	Pengambilan contoh tanah	Sekop kecil, pisau lapang, kantong plastik, kertas label, meteran, ring sampel, cangkul	Tanah
3	Analisis laboratorium :		
	Laboratorium Fisika	Ayakan, kaleng timbang, timbangan, ring sample, jangka sorong, oven, penggaris, stopwatch, kantong plastik, kertas label	Contoh tanah, air
4	Analisis data	Komputer, perangkat lunak microsoft excel dan software <i>CropWat for Windows</i>	Data analisis laboratorium

3.3 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu : (1) Persiapan, (2) Survei lapangan, (3) Analisis sampel tanah, (4) Metode pengolahan data, dan (5) Penyusunan Laporan.

3.3.1 Persiapan

Tahapan persiapan meliputi kegiatan studi pustaka dan pengumpulan data sekunder. Studi pustaka dan pengumpulan data sekunder mengenai hal-hal yang berkaitan dengan obyek penelitian yaitu :

- a) Peta administrasi daerah penelitian (Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang)
- b) Peta jenis tanah
- c) Peta penggunaan lahan

3.3.2 Survei Lapangan

3.3.2.1 Penentuan Lokasi

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Wonokoyo dengan penggunaan lahan tegal tebu lahan kering pada umur tanaman remaja (6-7 bulan). Pengambilan contoh tanah yang berbeda pada kedalaman ditujukan untuk membandingkan seberapa besar kandungan air dan bahan-bahan.

3.3.2.2 Cara Pengambilan Contoh Tanah

Cara pengambilan contoh tanah untuk analisis laboratorium pada tiap kedalaman pengamatan diambil interval dengan kedalaman yaitu 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm. Contoh tanah yang diambil berupa tanah terganggu, tanah utuh (ring) dan agregat tanah.

3.3.3 Analisis Contoh Tanah

Pengumpulan data contoh tanah dikumpulkan yang nantinya akan dilakukan pengelompokan satu sifat fisik dan kimia tanah yang diperoleh di lapangan, hasil analisis laboratorium dan data sekunder lainnya. Adapun, metode yang dipergunakan dalam analisis contoh tanah yaitu ring, sandbox dan plate pressure, piknometer, kurva pF dan konstant head.

3.3.4 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan datanya adalah menggunakan Metode *CropWat for Windows* dengan mengumpulkan data-data sebagai berikut :

- Data tanah (tekstur, lengas tanah tersedia, kedalaman solum, infiltrasi (KHJ), lengas tanah awal)
- Data iklim (curah hujan, temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, frekuensi penyinaran)
- Data tanaman (tanggal penanaman, koefisien tanaman, kedalaman perakaran, koefisien hasil tanaman)

Data-data yang dibutuhkan dalam pengelolaan lahan, antara lain :

a. Data meteorologi bulanan

Terdiri dari curah hujan, temperatur udara, maksimum dan minimum, kelembaban relatif, frekuensi penyinaran dan kecepatan angin.

b. Pola tanam

Meliputi tanggal penanaman, koefisien tanaman (yang menyangkut nilai Kc), jenis tanaman dan areal tanam (0-100% dari total area). Adapun perlakuan yang disimulasikan dalam model *CropWat for windows*, meliputi :

o Peningkatan hujan efektif (60%, 75%,90%)

Peningkatan hujan efektif dengan cara pengelolaan lahan yang baik. Kegiatan konservasi apakah akan berpengaruh terhadap perubahan neraca air didalam mintakat perakaran ?

Adapun kombinasi perlakuan untuk peningkatan hujan efektif ialah P1 (60%); P2 (75%) dan P3 (90%).

o Peningkatan kedalaman perakaran (40 cm, 60 cm, 80 cm)

Apakah peningkatan ketebalan mintakat perakaran akan berpengaruh terhadap neraca air dalam tanah?

Adapun kombinasi perlakuan untuk peningkatan kedalaman perakaran ialah R1 (0,40 m); R2 (0,60 m) dan R3 (0,80 m).

o Peningkatan ketersediaan air tanaman (100% dan 50%)

Perlakuan amandemen ke dalam tanah (misalnya, penambahan bahan organik) yang berdampak terhadap peningkatan ketersediaan air juga akan berpengaruh terhadap neraca air?

Adapun kombinasi perlakuan untuk peningkatan ketersediaan air tanaman ialah W1 (100%) dan W2 (150%).

Adanya perlakuan ini ialah sebagai bahan uji dalam mengevaluasi pengelolaan terhadap tingkat ketersediaan air untuk tanaman tebu lahan kering. Dari 8 macam kombinasi perlakuan dihasilkan 18 macam perlakuan pada Tabel 2

Tabel 2. 18 Macam Kombinasi Perlakuan Untuk Tanaman Tebu

Kode	Perlakuan
P1R1W1	PE 60% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P1R1W2	PE 60% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P1R2W1	PE 60% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P1R2W2	PE 60% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P1R3W1	PE 60% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P1R3W2	PE 60% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P2R1W1	PE 75% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P2R1W2	PE 75% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P2R2W1	PE 75% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P2R2W2	PE 75% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P2R3W1	PE 75% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P2R3W2	PE 75% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P3R1W1	PE 90% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P3R1W2	PE 90% + Ked. Akar 40 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P3R2W1	PE 90% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P3R2W2	PE 90% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
P3R3W1	PE 90% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 173 mm/m
P3R3W2	PE 90% + Ked. Akar 80 mm + Ked. Tanah 259 mm/m
Kontrol	PE 100% + Ked. Akar 60 mm + Ked. Tanah 173 mm/m

Di dalam model pola tanam terdapat keluaran dari data-data tersebut untuk setiap tanaman, yaitu :

- Evapotranspirasi tanaman acuan, ETo (mm/periode)
- Kc tanaman, nilai rata-rata dari koefisien tanaman untuk setiap satuan waktu
- Curah hujan efektif (mm/periode), jumlah air yang masuk ke dalam tanah

- Kebutuhan air tanaman, CWR atau ET_m (mm/periode)
- Total air tersedia, TAM (mm)
- Air yang siap digunakan tanaman, RAM (mm)
- Evapotranspirasi tanaman aktual, ET_c (mm)
- Perbandingan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi maksimum, ET_c/ET_m (%)
- Estimasi penurunan hasil sehubungan dengan stress air tanaman (apabila ET_c/ET_m < 100%)

Evapotranspirasi potensial (ET_o) dihitung dengan persamaan Penman-Monteith.

Setelah data input yang diperlukan dimasukkan, Model *CropWat for Windows* dapat menghitung dalam setiap dekade, meliputi : (a) Koefisien tanaman, (b) Indeks daun tanaman, (c) Evapotranspirasi tanaman, (d) Perkolasi, (e) Hujan efektif, dan (f) Kebutuhan air tanaman.

Reduksi hasil tanaman pada masing-masing fase dievaluasi berdasar pada derajat depleksi lengas tanah untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman. Reduksi hasil masing-masing fase dan reduksi hasil kumulatif tanaman dapat dihitung sesuai rumus :

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_{\max}}\right) = K_y \left(1 - \frac{E.T_a}{E_{\max}}\right)$$

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_{\max}}\right) = 1 - \left(\frac{Y_a}{Y_{\max}}\right)_1 \cdot \left(\frac{Y_a}{Y_{\max}}\right)_2 \cdot \dots \cdot \left(\frac{Y_a}{Y_{\max}}\right)_i$$

Dimana :

- i = fase pertumbuhan tanaman
 K = faktor reduksi hasil tanaman (ketetapan, FAO 24)
 Y_a, ET_a = hasil dan evapotranspirasi tanaman aktual
 Y_{max}, ET_{max} = hasil dan evapotranspirasi tanaman potensial

Adapun nilai koefisien tanaman tebu untuk berbagai tahap pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Nilai Koefisien Tanaman (Kc) Tebu Untuk Berbagai Tahap Pertumbuhan

Tebu (Ratoon)	RO					
	1		2	3	4	5
Tahapan						
Planting	1/7		1/6			
Root	0,6		0,6			
Kc	0,4		1,25	0,75		
Stage	30		60	160	85	335
P	0,6	>>>	0,6	0,6		
Ky	0,75		0,75	0,50	0,10	1,20

(http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarcane.html)

3.3.5 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dilakukan setelah kegiatan penelitian selesai dengan urutan yang telah ada.

3.4 Parameter yang Diamati

Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Parameter yang dianalisis disajikan pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Parameter yang Dianalisis

No	Sifat Fisik	Metode
1	Berat isi tanah	Ring
2	Kurva pF	Sandbox dan Plate pressure
3	Berat jenis tanah	Piknometer
4	Distribusi pori	Kurva pF
5	KHJ	Constant Head

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

4.1.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Kondisi umum di lokasi penelitian memiliki luas 504 ha yang berlokasi di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. Batas wilayah ini yaitu sebelah Utara Kelurahan Buring Kecamatan Kedungkandang, sebelah Timur Kelurahan Ngingit Kecamatan Tajinan, sebelah Selatan Kelurahan Tlogowaru Kecamatan Kedungkandang dan sebelah Barat Kelurahan Bumiayu Kecamatan Kedungkandang. Lokasi penelitian ini memiliki ketinggian 454 m diatas permukaan laut (Kelurahan Wonokoyo, 2007).

Dalam hal perhubungan, di lokasi penelitian sudah cukup memadai. Jalan raya yang menghubungkan kota Malang dengan lokasi penelitian ini pun lancar dan jalan antar desa sudah dilakukan pengaspalan, meskipun hanya beberapa saja yang masih jalan makadam namun masih bisa dilalui oleh kendaraan roda empat. Berdasarkan hasil survei tanah dan klasifikasi tanah yang telah dilakukan di lokasi penelitian tersebut (Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Kota Malang) diperoleh jenis tanah Typic Hapludalf dengan ordo Alfisol (Lampiran 5).

4.1.2 Iklim

Data iklim dan data curah hujan diperoleh dari Stasiun Klimatologi Karangploso, Kabupaten Malang selama kurun waktu 10 tahun yaitu mulai dari tahun 1998-2007. Menurut data iklim tersebut, suhu udara di lokasi penelitian antara 31-22 °C, berdasarkan Schmidt dan Ferguson memiliki zona agroklimat D dengan curah hujan 1.860 milimeter per tahun. Suhu udara 25-27 derajat Celsius dengan kelembaban udara 70-83 persen. Lama penyinaran matahari 40-80 persen. Kelembaban udara berkisar 40% hingga 97%. Kecepatan angin rata-rata bergerak antara 6 – 45 knot. Klasifikasi distribusi hujan sering dilakukan terhadap tipe iklim yang mudah dipahami adalah tipe iklim Oldeman. Menurut tipe agroklimat Oldeman untuk tebu adalah sesuai (sangat baik) terdiri dari B2 dengan bulan basah >200mm/bulan yaitu 7-9 dan bulan kering <100mm/bulan yaitu 2-3, C2 dengan bulan basah >200mm/bulan yaitu 5-6 dan bulan kering <100mm/bulan

yaitu 2-3, C3 dengan bulan basah >200mm/bulan yaitu 5-6 dan bulan kering <100mm/bulan yaitu 4-6 dan D2 dengan bulan basah >200mm/bulan yaitu 3-4 dan bulan kering <100mm/bulan yaitu 2-3. Data iklim selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Data Iklim di Lokasi Penelitian Selama Kurun Waktu 10 Tahun (1998-2007)

Bulan	Suhu (°C)		Kelembaban (%)	Penyinaran (jam)	Kec. Angin (km/hr)	Radiasi (MJ/m ² /hr)
	Maks.	Min.				
Januari	28,4	20,1	86,5	5,6	160,8	16,2
Pebruari	28,6	20,4	86,0	5,2	170,4	16,6
Maret	28,5	20,3	87,2	5,2	153,6	17,4
April	28,7	20,0	86,4	6,3	117,6	19,2
Mei	29,1	19,4	83,9	6,9	120,0	19,5
Juni	28,6	18,5	82,2	7,0	117,6	19,2
Juli	28,4	17,7	81,5	7,5	120,0	20,1
Agustus	28,6	17,0	78,4	7,7	129,6	21,0
September	29,5	18,5	77,0	7,8	136,8	21,3
Oktober	30,1	19,9	79,3	7,1	141,6	19,7
Nopember	29,3	20,3	85,0	6,1	108,0	17,1
Desember	28,2	20,4	88,7	4,9	136,8	14,9
Rerata	28,8	19,4	83,5	6,4	134,4	18,5

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Karangploso

Periode-periode suhu rendah terjadi sekitar bulan Juni-Agustus, sedangkan periode-periode suhu tinggi terjadi sekitar bulan September-Mei. Kelembaban udara berkisar dari 77,0-88,3%. Periode-periode kelembaban rendah terjadi sekitar bulan April-September, sedangkan periode-periode kelembaban tinggi terjadi sekitar bulan Oktober-Desember dan Januari-Maret. Penyinaran matahari berkisar antara 4,5-7,1%, dengan nilai rata-rata evapotranspirasi potensial sebesar 45,86 mm/tahun.

4.1.3 Output Cropwat for Windows

a. Evapotranspirasi (ET_o)

Hasil perhitungan evapotranspirasi acuan (ET_o) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Nilai Evapotranspirasi (ET_o) Acuan Bulanan 10 Tahun (1998-2007)

Bulan	ET _o (mm/hari)	Hujan Total (mm/bulan)	Hujan Efektif 60% (mm/bulan)	Hujan Efektif 75% (mm/bulan)	Hujan Efektif 90% (mm/bulan)
Januari	3,94	307	184,2	230,3	276,3
Pebruari	3,88	295	177,0	221,3	265,5
Maret	3,69	313	187,8	234,8	281,7
April	3,63	169	101,4	126,8	152,1
Mei	3,46	59	35,4	44,3	53,1
Juni	3,25	51	30,6	38,3	45,9
Juli	3,41	19	11,4	14,3	17,1
Agustus	3,89	13	7,8	9,8	11,7
September	4,42	23	13,8	17,3	20,7
Oktober	4,57	96	57,6	72,0	86,4
Nopember	4,10	241	144,6	180,8	216,9
Desember	3,62	398	238,8	298,5	358,2
Rerata (mm/th)	45,86	1943	1190,4	1488,5	1785,6

Dari hasil perhitungan model Penman-Monteith, nilai rata-rata evapotranspirasi acuan (ET_o) sebesar 3,83 mm/hari atau 45,86 mm/tahun. Nilai ini dipengaruhi oleh temperatur maksimum dan minimum (°C), kelembaban udara (%), kecepatan angin (km/jam), lamanya penyinaran matahari (jam) dan radiasi sinar matahari (MJ/m²/hari). Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan nilai rata-rata sebesar 398 mm/bulan dan terendah pada bulan Agustus dengan nilai rata-rata 13 mm/bulan.

Total curah hujan dalam waktu tahun adalah 1948 mm/tahun. Meskipun pada bulan-bulan tertentu sekitar 6 bulan (Mei-Oktober) hujan yang turun tidak terlalu banyak, namun pada bulan Nopember-April, hujan yang turun tidak banyak atau tidak merata.

b. Pola Tanam

Di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang pola tanam yang umum dikembangkan hanya satu jenis tanaman yaitu tanaman tebu. Adapun pengelolaannya meliputi tanggal penanaman, koefisien tanaman (yang menyangkut nilai K_c), jenis tanaman dan areal tanam (0-100% dari total area). Disini tanggal penanaman tanaman tebu dapat diketahui pada waktu tebang

keprasnya, dimana tanaman tebu tersebut penanamannya tidak mulai dari awal (bibit) melainkan menunggu tanaman tebu panen tebang kepras. Penebangan tidak sampai akarnya, tetapi 1 ruas dari atas akar. Tanggal penanaman tanaman tebu tebang kepras 9 Juli 2007. koefisien tanaman (Kc) untuk tanaman tebu tebang kepras tahap I adalah 0,4; tahap II adalah 1,25; dan tahap III adalah 0,75. Jenis tanamannya adalah tanaman tebu tebang kepras (*Sugarcane Ratoon*) dan areal tanam berkisar 95%.

Dilihat dari pola tanam diatas dapat dihasilkan pada Tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 7. Perlakuan yang Dihasilkan dari Pengolahan Program *Cropwat for Windows*

Perlakuan	ETo (mm)	CWR (mm)	Total Hujan (mm)	Hujan Efektif (mm)	Keb. Irigasi (mm)	Red. Prod. (%)	SMD (mm)
P1R1W1	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	18,5	1327,7
P1R1W2	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	17,8	1905,6
P1R2W1	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	17,8	1909,1
P1R2W2	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	16,7	2837,2
P1R3W1	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	17,8	1909,1
P1R3W2	1294,88	1351,25	1966,16	1151,80	413,85	16,7	2837,2
P2R1W1	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	18,5	1327,7
P2R1W2	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	17,8	1905,6
P2R2W1	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	17,8	1909,1
P2R2W2	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	16,7	2837,2
P2R3W1	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	17,8	1909,1
P2R3W2	1294,88	1351,25	1966,16	1454,18	340,48	16,7	2837,2
P3R1W1	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	18,5	1327,7
P3R1W2	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	17,8	1905,6
P3R2W1	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	17,8	1909,1
P3R2W2	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	16,7	2837,2
P3R3W1	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	17,8	1909,1
P3R3W2	1294,88	1351,25	1966,16	1769,54	277,72	16,7	2837,2
Kontrol	1294,88	1351,25	1966,16	1092,53	317,24	17,8	1909,1

Keterangan :

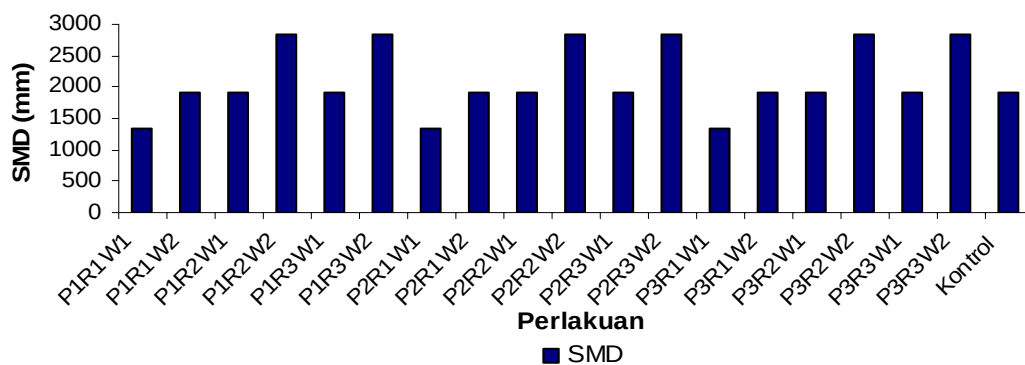
A = CWR (Crop Water Requirement)

B = Irrigation Schedule

P (P1, P2, P3) = Hujan Efektif (60%, 75% dan 90%)

R (R1, R2, R3) = Kedalaman Akar (0,40 m; 0,60 m dan 0,80 m)

W (W1 dan W2) = Ketersediaan Air Tanaman (173 mm/m dan 259 mm/m)



Gambar 4. Pengaruh Nilai SMD (*soil moisture deficit*) Terhadap Ketersediaan Air Tanaman Tebu

SMD (*soil moisture deficit*) merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat kekeringan tanah pada awal tanam atau nilai penurunan kelembaban tanah. Lengas tanah awal dinyatakan dengan persentase deplesi dari kapasitas lapang. Nilai 0% menggambarkan pada kondisi kapasitas lapang, nilai 100% pada kondisi titik layu (Smith, 1991). Nilai SMD ditentukan oleh ETo, makin rendah nilainya maka nilai SMD makin rendah. Sebaliknya, makin tinggi nilai yang dihasilkan maka nilainya makin tinggi. Hal ini dikarenakan nilai evapotranspirasi 0 dan Kc hanya satu jenis vegetasi. Selain itu juga SMD dipengaruhi oleh CWR, tekstur, struktur dan kandungan bahan organik. Dari hasil grafik diatas menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan dari masing-masing perlakuan yang berpengaruh terhadap ketersediaan air tanaman tebu. Adapun Gambar hubungan antara SMD, TAM dan RAM dapat dilihat pada Lampiran 7.

- Peningkatan Hujan Efektif (60%, 75%,90%)

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang jatuh selama masa tumbuh yang dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air konsumtif (Arsyad, 1989). Pengertian curah hujan efektif ditinjau dari segi pengelolaan irigasi adalah bagian curah hujan total untuk suatu periode tertentu yang masuk dan tertahan di dalam tanah, yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air konsumtif bagi tanaman (Oldeman, 1975). Curah hujan efektif memiliki pengertian dipandang dari segi kebutuhan air tanaman adalah bagian dari curah hujan yang dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam produksi tanaman pada daerah hujan tersebut tanpa pemompaan. Curah hujan efektif untuk tanaman tebu dapat ditentukan dengan metode yang diperkenalkan oleh USDA Soil Conservation Service. Curah

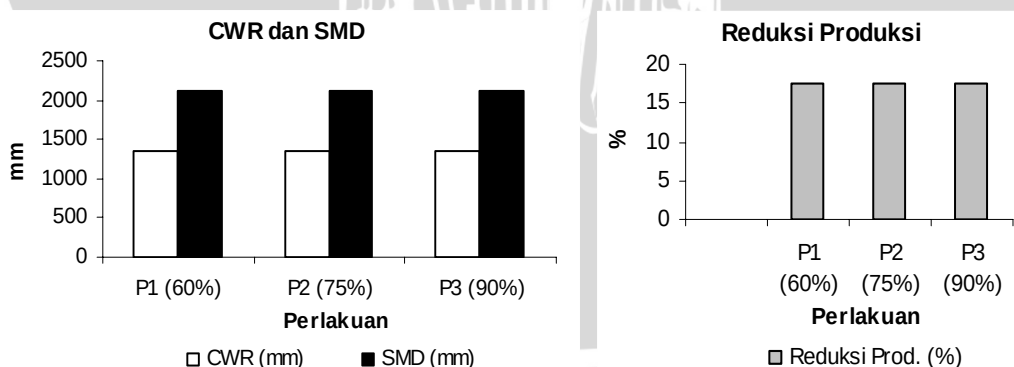
hujan efektif ditentukan dengan periode bulanan yang dihubungkan dengan curah hujan rata-rata bulanan (terpenuhi 50%) serta evapotranspirasi rata-rata bulanan

(http://www.ratoonjatim.co.cc/jiunkpe/s1/sip4/2002/jiunkpe-ns-s1-2002-21495251-263-air_irigasi-chapter2.pdf).

Untuk menentukan curah hujan efektif digunakan pendekatan 75% (Oldeman, 1975). Perlakuan yang dihasilkan dari masing-masing peningkatan hujan efektif dilihat dari CWR, SMD dan reduksi produksi memiliki hasil yang sama, yaitu CWR untuk P1; P2 dan P3 adalah 1351,25 mm. SMD untuk P1; P2 dan P3 adalah 2118,3 mm dan reduksi produksi untuk P1; P2 dan P3 adalah 17,55 %. Dengan IWR untuk P1 sebesar 413,85 mm; P2 sebesar 340,48 mm dan P3 sebesar 277,72 mm. Dari hasil data diatas bahwa peningkatan P_{eff} tidak berpengaruh terhadap CWR, SMD dan reduksi produksi, tetapi berpengaruh terhadap IWR. Selanjutnya dapat dilihat rata-rata tiap peningkatan hujan efektif pada Tabel 8 dan Gambar 5 berikut ini :

Tabel 8. Rata-rata Tiap Peningkatan Hujan Efektif Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi

Perlakuan	CWR (mm)	SMD (mm)	Reduksi Prod. (%)
P1 (60%)	1351,25	2118,3	17,55
P2 (75%)	1351,25	2118,3	17,55
P3 (90%)	1351,25	2118,3	17,55



Gambar 5. Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Hujan Efektif

- Peningkatan Kedalaman Perakaran (40 cm, 60 cm dan 80 cm)

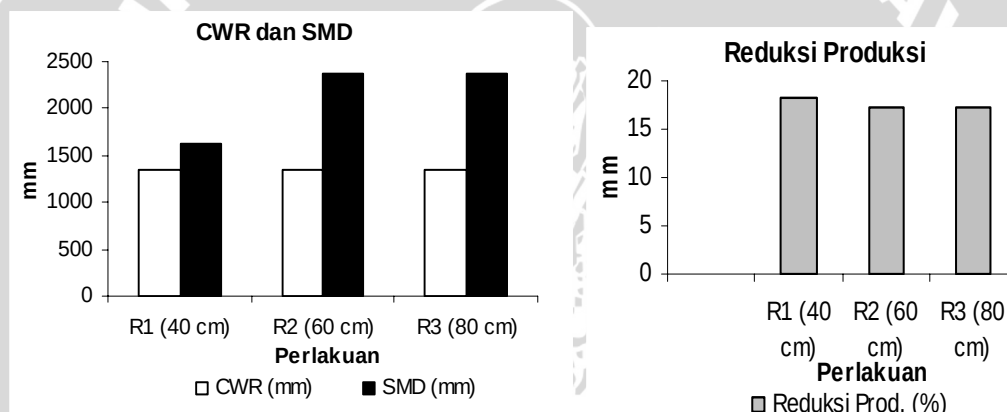
Kedalaman efektif adalah kedalaman tanah yang terukur dari permukaan tanah sampai ke batas zona perakaran. Kedalaman efektif tanah yang dimaksud adalah tebalnya lapisan tanah sampai batuan induk atau sampai pada suatu lapisan dimana akar tidak dapat ditembus. Dengan demikian kedalaman efektif merupakan ukuran tempat berkumpulnya mayoritas volume akar. Kedalaman efektif menjadi penting bagi tebu, karena perakaran tebu bersifat serabut dan terdapat hal-hal tertentu yang dapat menyebabkan perakaran tidak mampu bergerak bebas karena hambatan. Tanah dengan kedalaman efektif dalam akan menyebabkan perakaran mampu menyerap hara lebih banyak, sebaliknya dengan kedalaman efektif dangkal tanaman sedikit mendapatkan kesempatan perolehan hara dan yang paling penting akar tidak mampu menjangkar kuat sehingga mudah roboh. Kedalaman efektif tanah berkisar antara 30-90 cm. Pada tanah dengan kedalaman efektif sampai 40 cm, sebenarnya masih dapat menjamin tanaman untuk tumbuh normal. Diketahui bahwa volume perakaran tanaman tebu sekitar 80% berada pada kedalaman sekitar 40 cm. Apabila dengan kedalaman efektif 40 cm terkendala oleh lapisan air bawah tanah, maka sepanjang solum tanah dalam perbaikan kedalaman efektif berpeluang diperdalam dengan mengatur kedalaman got patusan. Untuk tanah dengan kedalaman efektif kurang dari 20 cm, maka sesungguhnya relatif sulit untuk meningkatkan kedalaman efektif dengan lapisan yang lebih dalam. Pada kondisi demikian, produktifitas tanaman menjadi terbatas oleh kendala faktor fisik tanah

(http://www.ratoonjatim.co.cc/penilaian_kesuburan_lahan/kedalaman_efektif_drainase.htm). Menurut Doorenbos dan Kassam, 1979 bahwa jika jumlah lengas tanah yang dievapotranspirasikan lebih besar dari RAM, sehingga jumlah lengas tanah di daerah perakaran lebih kecil. TAM (*Total Available Soil Moisture*). Total lengas tanah tersedia adalah perbedaan lengas tanah antara kapasitas lapang dan titik layu, dinyatakan dengan satuan mm/m (mm air per meter kedalaman tanah). Perlakuan yang dihasilkan dari masing-masing peningkatan kedalaman akar dilihat dari CWR, SMD dan reduksi

produksi memiliki hasil yang sama, yaitu hanya CWR untuk R1; R2 dan R3 adalah 1351,25 mm. SMD untuk R1 adalah 1616,65 mm; R2 dan R3 adalah 2373,15 mm dan reduksi produksi untuk R1 adalah 18,15 %; R2 dan R3 adalah 17,25 %. Dengan IWR untuk R1; R2 dan R3 sebesar 344,01 mm. Selanjutnya dapat dilihat rata-rata tiap peningkatan kedalaman perakaran pada Tabel 9 dan Gambar 6 berikut ini :

Tabel 9. Rata-rata Tiap Peningkatan Kedalaman Perakaran Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi

Perlakuan	CWR (mm)	SMD (mm)	Reduksi Prod. (%)
R1 (40 cm)	1351,25	1616,65	18,15
R2 (60 cm)	1351,25	2373,15	17,25
R3 (80 cm)	1351,25	2373,15	17,25



Gambar 6. Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Kedalaman Akar

Dari hasil data diatas bahwa peningkatan kedalaman solum hanya berpengaruh terhadap SMD dan reduksi produksi. Artinya bahwa kedalaman solum mempengaruhi nilai TAM, semakin tebal solum tanah maka nilai TAM semakin kecil dan semakin tipis solum tanah maka nilai TAM semakin besar. Hal ini dikarenakan kedalaman solum yang berbeda-beda. Selanjutnya dapat dilihat rata-rata tiap peningkatan kedalaman perakaran pada Tabel 10 berikut ini :

Tabel 10. Rata-rata Tiap Peningkatan Kedalaman Perakaran Dilihat Dari pF2,5; pF4,2 dan TAM

Perlakuan	pF2,5 (mm)	pF4,2 (mm)	TAM (mm)
R1 (40 cm)	0,35	0,18	86,4
R2 (60 cm)	0,34	0,18	129,6
R3 (80 cm)	0,48	0,28	129,6

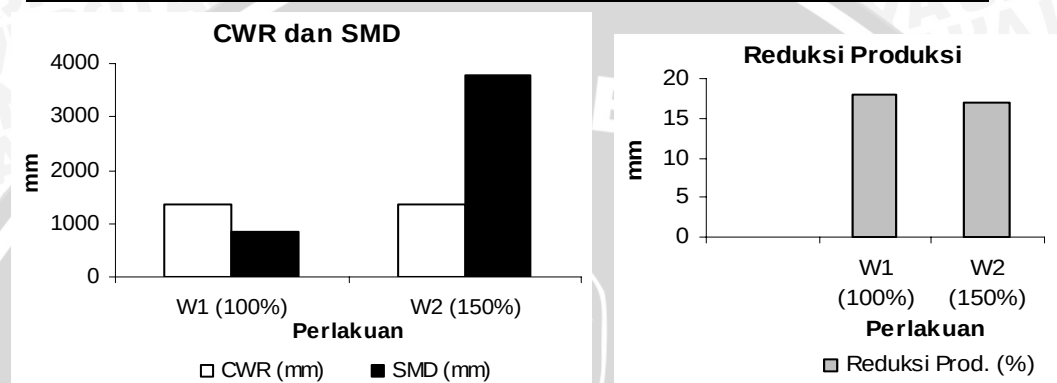
- Peningkatan ketersediaan air tanaman (100% dan 150%)

Pada budidaya tebu, jumlah air yang dibutuhkan sangat menentukan keberhasilan produktivitas mengingat tanaman tebu membutuhkan air cukup banyak terutama pada awal-awal pertumbuhan dan pada fase pertumbuhan cepat karena dipengaruhi oleh kondisi tanah terutama kelembaban tanah. Namun, apabila dalam pemberian air kurang dikontrol secara baik sehingga terjadi pemberian air secara berlebihan dan bahkan menghasilkan kondisi air yang menyebabkan genangan, dapat berdampak buruk terhadap pertumbuhan dan produktivitas tebu (Sumiarsih dan Indirani, 1994). Disini peningkatan ketersediaan air dihasilkan dengan penambahan bahan organik yang menghasilkan cukup banyak sesuai perkiraan. Ketersediaan air di lahan dan keadaan iklim setempat (terutama curah hujan) juga mempengaruhi kondisi kelembaban tanah. Nilai ketersediaan air ini dapat diketahui dari perhitungan $pF\ 4,2$ (titik layu permanen) dikurangi $pF\ 2,5$ (kapasitas lapang). Kelengasan tanah awal juga mempengaruhi kelembaban tanah, karena dapat menggambarkan bagaimana kelembaban tanah saat setelah panen dan sebelum tanam. Perlakuan yang dihasilkan dari masing-masing peningkatan ketersediaan air dilihat dari CWR, SMD dan reduksi produksi memiliki hasil yang sama, yaitu hanya CWR untuk W1 dan W2 adalah 1351,25 mm. Sedangkan, SMD untuk W1 adalah 3790 mm dan W2 adalah 854,76 mm dan reduksi produksi untuk W1 adalah 18,03 % dan W2 adalah 17,06 %. Dengan IWR untuk W1 dan W2 sebesar 344,01 m. Hal ini, menunjukkan bahwa tak ada lapisan penghambat di dalam daerah akar untuk menahan aliran air turun ke bawah (Hansen *et al*, 1986). peningkatan ketersediaan air yang berbeda-beda berpengaruh terhadap nilai SMD dan TAM. Selanjutnya dapat dilihat

rata-rata tiap peningkatan ketersediaan air pada Tabel 10 dan Gambar 7 berikut ini :

Tabel 10. Rata-rata Tiap Peningkatan Ketersediaan Air Dilihat Dari CWR, SMD dan Reduksi Produksi

Perlakuan	CWR (mm)	SMD (mm)	Reduksi Prod. (%)
W1 (100%)	1351,25	854,76	18,03
W2 (150%)	1351,25	3790	17,06



Gambar 7. Hubungan Antara CWR, SMD dan Reduksi Produksi Dalam Peningkatan Kedalaman Tanah

4.2 PEMBAHASAN

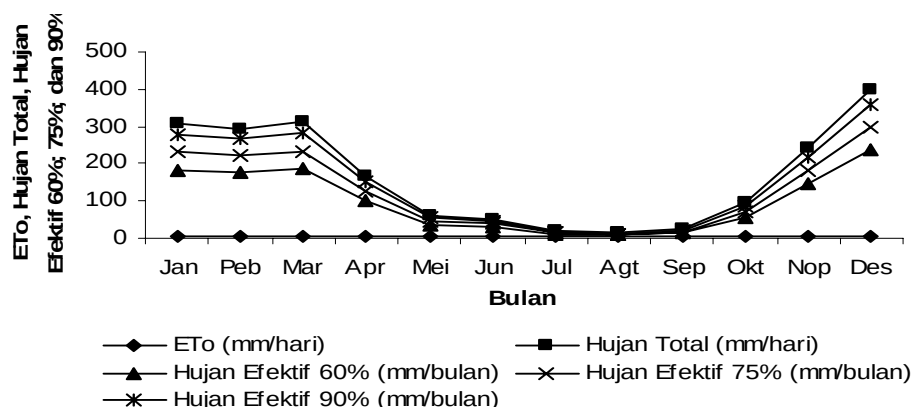
4.2.1 Neraca Air Lahan Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang Selama 10 Tahun (1998-2007)

Perhitungan neraca air tanah dapat menggambarkan kondisi fluktuasi kandungan air tanah di lokasi penelitian sebagai dasar untuk menentukan potensi waktu tanam tanaman pangan (Pramudia dan Estianingtyas, 1996).

Hasil perhitungan rata-rata curah hujan adalah 1943 mm/tahun yang sebagian besar jatuh antara bulan Nopember-April (bulan basah) dan hanya sebagian kecil jatuh antara bulan Mei-Oktober (bulan kering). Pada bulan Desember merupakan bulan dengan curah hujan tertinggi dengan nilai rata-rata mm/tahun dan bulan curah hujan terendah pada bulan dengan nilai rata-rata 398 mm/tahun. Ini berarti bahwa, pada bulan Nopember-April merupakan bulan yang surplus air, dan bulan Mei-Oktober merupakan bulan-bulan kekurangan air (defisit air). Surplus tertinggi dan terendah ialah pada bulan Desember untuk frekuensi 60% (23,8 mm/bulan), 75% (298,5 mm/bulan), 90% (358,2 mm/bulan)

dan Agustus untuk frekuensi 60% (7,8 mm/bulan), 75% (9,7 mm/bulan), 90% (11,7 mm/bulan). Surplus tertinggi pada bulan Desember karena pada bulan ini merupakan puncak musim hujan, sedangkan pada bulan Nopember merupakan awal musim hujan setelah musim kemarau. Total surplus air per tahun di Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang sekitar 1190,4 mm/tahun. Defisit tertinggi terjadi pada bulan Oktober (57,6 mm/bulan) dan defisit terendah pada bulan Agustus (7,8 mm/bulan).

Menurut FAO 1978, bahwa untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik, maka kandungan air tanah harus ditambah (air irigasi) bila 50% dari air tersedia (kandungan air tanah optimum (KAT Optimum) telah habis terpakai. Produksi tanaman dapat optimal apabila jumlah air yang dibutuhkan cukup selama masa pertumbuhannya. Jumlah air yang cukup memenuhi untuk pertumbuhan tanaman sering juga disebut sebagai kebutuhan air tanaman (CWR) (Santosa, 2006). Kebutuhan air setiap tanaman berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah, kondisi iklim tempat tumbuh tanaman dan lamanya periode pertumbuhan. Doorenbos dan Kassam (1979) mengemukakan bahwa kebutuhan air tanaman adalah sama dengan evapotranspirasi (ETc). Hal ini berarti bahwa air yang hilang melalui evapotranspirasi harus diganti dengan jumlah air yang sama untuk memenuhi kebutuhan air suatu jenis tanaman. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Peningkatan Hujan Efektif (60%, 75%, dan 90%) Selama 10 Tahun (1998-2007) Kec. Kedungkandang, Kota Malang

Berdasarkan sistem klasifikasi Schmidt dan Ferguson tanaman tebu dapat digolongkan dalam zona agroklimat D dengan curah hujan 1.860 milimeter per tahun. Suhu udara 25-27 derajat Celsius dengan kelembaban udara 70-83 persen. Lama penyinaran matahari 40-80 persen. Kelembaban udara berkisar 40% hingga 97%. Kecepatan angin rata-rata bergerak antara 6 – 45 knot. Tanaman tebu termasuk golongan tanaman yang tumbuh di daerah beriklim sedang sampai panas, yaitu terletak di antara 40° LU dan 38° LS. Selama masih dalam fase pertumbuhan, tanaman tebu membutuhkan banyak air akan tetapi setelah tua (6-8 bulan) dan pada saat proses pemasakan/panen (12-14 bulan) tanaman tebu membutuhkan bulan kering dan ini sebaiknya tiba pada saat berakhirnya pertumbuhan vegetatif (Soepardiman, 1996).

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa dengan melakukan peningkatan terhadap curah hujan efektif sebesar 60%, 75%, dan 90% tidak dapat mencapai nilai maksimum diatas nilai hujan total dikarenakan nilai evapotranspirasi 0.

4.2.2 Analisa Perlakuan dengan Menggunakan Model *CropWat for Windows*

Gambaran hasil dari suatu input data dasar pengelolaan irigasi dapat dilihat dari analisa model *CropWat for Windows* dari komoditas yang ditanam. *CropWat for Windows* merupakan suatu program yang menggunakan metode Penman-Monteith dalam FAO (1992) yang digunakan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi tanaman. Nilai estimasi ini digunakan dalam perhitungan kebutuhan air tanaman, kebutuhan irigasi, jadwal irigasi, dan untuk menghitung penurunan hasil tanaman. Disini, Tebu merupakan sumber biomas yang sangat besar. Biomas dalam tebu tersebar di dalam pucuk, batang, trash, dongkelan, sogolan dan akar. Bila produksi tebu giling per ha mencapai 100 ton/ha dan semua serasah dibakar serta pucuk diangkut, maka tebu akan menyumbangkan bahan organik ke tanah dalam bentuk akar yang tertinggal sekitar 16,2 ton (King dkk, 1965). Tebu dapat tumbuh dengan baik pada beragam jenis tanah, tetapi dalam kondisi tanah gembur dan berdrainasi baik dengan pH 5-8, kandungan nutrisi dan senyawa organik banyak dan kemampuan menahan kapasitas air baik. pH adalah tingkat keasaman tanah yang dicerminkan oleh konsentrasi H⁺ dalam tanah. Nilai pH

menjadi bermasalah jika $\text{pH} < 4,5$ atau $> 8,5$ untuk tanah di lahan kering. Sebagai tanaman vegetatif, tebu memerlukan sejumlah besar nitrogen, kalium, kalsium dan silika. Unsur-unsur dasar tersebut berperan penting dalam perkembangan tebu. Ketidaktersediaan senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan pertumbuhan tidak sempurna. (Sumiarsih dan Indirani, 1994).

Tidak hanya data-data yang dibutuhkan kemudian diproses langsung jadi, tetapi aspek penunjang kelancaran data yang lainnya juga perlu diperhatikan. Adapun berbagai variasi perlakuan yang dilakukan diharapkan dapat memberikan tolok ukur yang sebenarnya di lapang. Mulai dari data primer sampai data sekunder. Perhitungan data yang telah dihasilkan dari lapangan dan analisis laboratorium kemudian diolah menggunakan model *CropWat for Windows* (software) berupa output ETo, CWR, SMD, Peff (hujan efektif) dan output lainnya yang menunjang.

Selain itu, data penunjang lain misalnya, bahan organik (c-organik) yang bertujuan meningkatkan ketersediaan tanaman juga perlu diperhatikan untuk pertimbangan yang nantinya dapat di aplikasikan. Bahan organik merupakan gatra penting bagi peningkatan kualitas lahan tegalan, terutama karena kemampuannya yang besar dalam menyerap dan menyimpan air. Daya serap air bahan organik diperkirakan mencapai 2 kali bobotnya. Pada lahan ini, masukan bahan organik tidak hanya berasal dari pupuk tetapi juga ada penambahan lain yaitu blotong tebu yang merupakan hasil penjernihan. Jumlah makroorganisme dan mikroorganisme yang terdapat pada lahan ini juga banyak ditemui.

4.2.3 Pengaruh Sifat Fisik Terhadap Ketersediaan Air

Dari kelas tekstur data penelitian menunjukkan bahwa kondisi tanah yang agak halus. Tekstur tanah yang agak halus mampu menahan air daripada tanah yang kasar, maka dapat diperkirakan apabila persentase air dalam tanah akan besar. Dengan tekstur yang agak halus memiliki kemampuan menahan air agak besar akan memperbesar ketersediaan air yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Mengingat tekstur pada daerah penelitian didominasi oleh lempung berliat yang sebagian besar lahan tebu, maka dapat diperkirakan apabila ketersediaan air di daerah penelitian cukup besar.

Tingginya kandungan air pada daerah penelitian karena dominasi tekstur liat memiliki luas permukaan yang tinggi, ruang pori mikro banyak sehingga mampu mengikat air dalam jumlah banyak. Menurut Hardjowigeno (1993), air yang terdapat pada pF 2 merupakan air pada kondisi kapasitas lapang yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi. Tanah dengan kapasitas lapang yang lebih tinggi akan menyebabkan lebih banyak air yang terikat oleh matrik tanah tersebut sehingga lengas tanahnya menjadi tinggi. Kandungan air tanah akan berkurang jika persentase fragmen kasar meningkat (Poerwowidodo, 1986). Menurut Foth (1998) menjelaskan bahwa tanah pasir sangat mudah kering dibandingkan tanah liat. Tanah-tanah dengan tekstur agak halus sampai halus memiliki kemampuan menahan total air maksimum. Kandungan air pada tekstur lempung berliat sekitar tiga kali lebih besar dari kandungan lempung berpasir yang halus.

Selain tekstur tanah, titik layu permanen tanah, kapasitas lapang dan laju infiltrasi (konduktivitas hidrolik jenuh) mempengaruhi tingkat ketersediaan air dilihat dari nilai CWR (*Crop Water Requirement*), SMD (*Soil Moisture Defisit*) dan reduksi produksi. CWR dipengaruhi oleh ETo (evapotranspirasi) dan fase pertumbuhan, SMD dipengaruhi CWR dan reduksi produksi dipengaruhi oleh kondisi SMD (*Soil Moisture Defisit*). Ketersediaan air pada tanah juga dipengaruhi oleh keadaan konduktivitas hidrolik jenuh suatu tanah. Nilai konduktivitas hidrolik jenuh tidak meningkat meskipun bertambahnya kandungan air. Menurut Doorenbos dan Kassam (1979), RAM merupakan persentase dari total lengas tanah tersedia (TAM) di mana evapotranspirasi aktual (ETa) masih sama dengan evapotranspirasi potensial (ETm). Besarnya RAM (mm air/m kedalaman perakaran) sama dengan TAM (mm air/m kedalaman perakaran) dikalikan dengan faktor deplesi (p). TAM (*Total Available Soil Moisture*) atau total lengas tanah tersedia adalah perbedaan lengas tanah antara kapasitas lapang dan titik layu, dinyatakan dengan satuan mm/m (mm air per meter kedalaman tanah). Nilai TAM (*Total Available Moisture*) dan juga RAM (*Ready Available Moisture*) ditentukan oleh kedalaman perakaran, level deplesi yang diijinkan yang dihitung dengan basis harian. Selanjutnya dengan menjumlahkan nilai harian,

jumlah evapotranspirasi aktual dan potensial dicatat untuk setiap tahapan pertumbuhan dan total periode pertumbuhan.

Pada kandungan air tanah titik layu permanen (pF 4,2) memiliki konduktivitas hidrolik jenuh lebih rendah dari kondisi air tanah kapasitas lapang (pF 2,5). Hal ini disebabkan karena air cenderung bergerak lebih cepat pada potensial air yang lebih tinggi, sehingga pada kandungan air tanah jenuh gerakan air dalam bentuk cair akan lebih tinggi dibandingkan pada kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen. Pada kandungan air yang lebih tinggi maka air kohesi dalam tanah semakin tinggi sebagai akibat gaya tarik menarik antara molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga pada kondisi air jenuh nilai konduktivitas hidrolik jenuh lebih tinggi.

Ketersediaan air tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya WHC (pF 2,5 dikurangi pF 4,2) dan ketebalan solum. Untuk perubahan P_{eff} tidak berpengaruh terhadap CWR, SMD dan reduksi produksi, tetapi berpengaruh terhadap IWR. Kedalaman solum hanya berpengaruh terhadap SMD dan reduksi produksi. Dari hasil data peningkatan kedalaman perakaran (40 cm, 60 cm dan 80 cm) menunjukkan bahwa nilai TAM sebesar 86,4 mm untuk R1; 129,6 mm untuk R2 dan R3 dengan nilai evapotranspirasi sebesar 1294,88 mm. Artinya bahwa kedalaman solum mempengaruhi nilai TAM, semakin tebal solum tanah maka nilai TAM semakin kecil dan semakin tipis solum tanah maka nilai TAM semakin besar. Hal ini dikarenakan kedalaman solum yang berbeda-beda dan evapotranspirasi dengan nilai 0. Sedangkan WHC yang mengalami peningkatan akan berpengaruh terhadap neraca air tanah dan reduksi produksi. Dari hasil data peningkatan ketersediaan air (100% dan 150%) menunjukkan bahwa nilai SMD sebesar 854,76 mm untuk W1 dan 3790 mm untuk W2 dengan reduksi produksi sebesar 18,03% untuk W1 dan 17,06% untuk W2. Artinya bahwa dengan peningkatan ketersediaan air yang berbeda-beda berpengaruh terhadap nilai SMD dan TAM. Hal ini dikarenakan kebutuhan air setiap tanaman berbeda-beda dan adanya pengaruh oleh kondisi tanah, kondisi iklim tempat tumbuh tanaman dan lamanya periode pertumbuhan. Adapun teknologi yang dapat diterapkan misalnya, untuk peningkatan hujan efektif dengan cara sistem konservasi tanah (terasering),

penambahan bahan organik yang mampu mengikat partikel-partikel tanah dan lain-lain. Untuk peningkatan kedalaman perakaran dan peningkatan ketersediaan air dengan cara penanamannya lebih dalam, penambahan bahan organik ke dalam tanah dan lain-lain.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

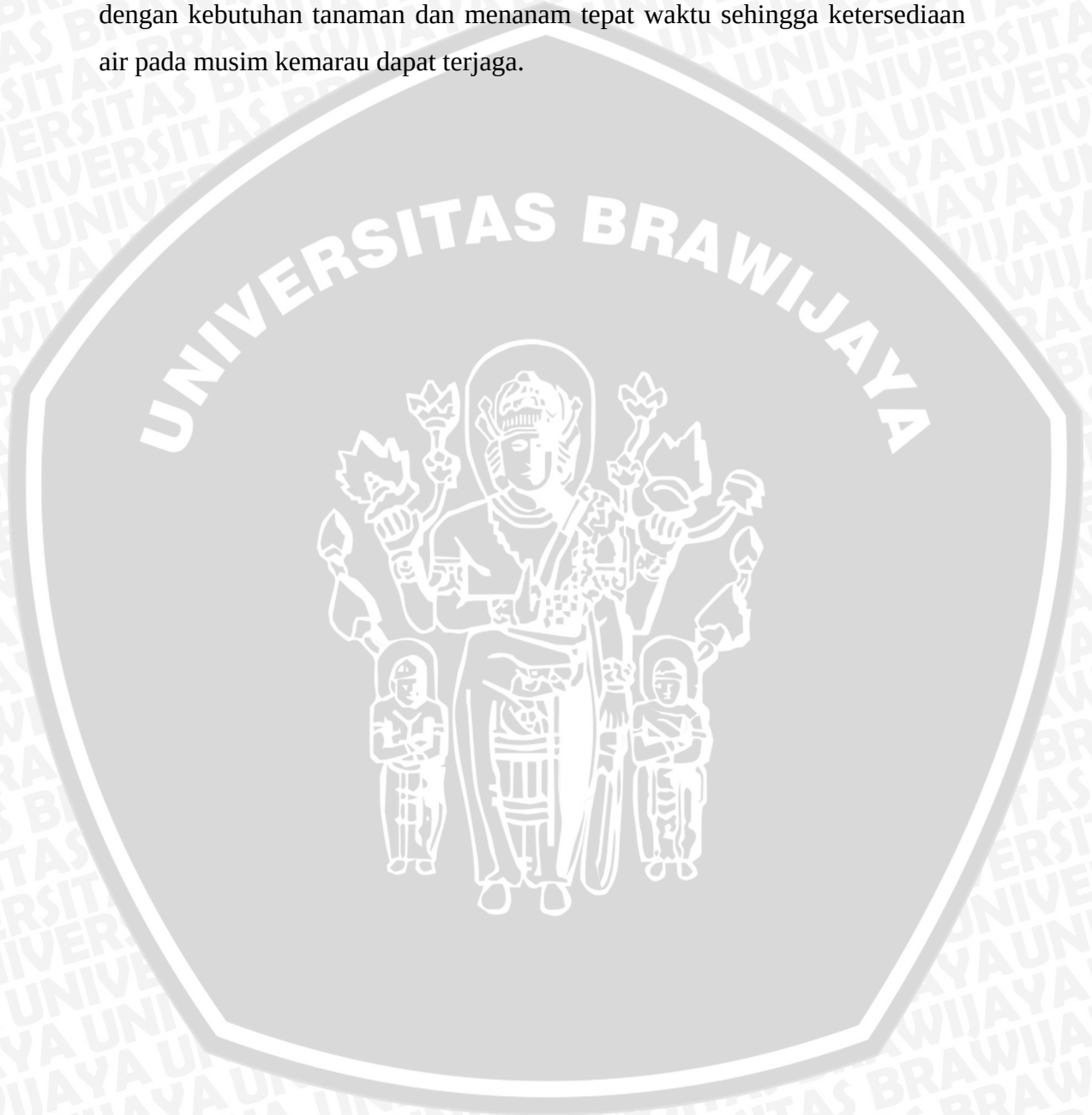
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan hujan efektif dengan frekuensi 60%, 75%, dan 90%. Perubahan *Pe_{eff}* tidak berpengaruh terhadap CWR, SMD dan reduksi produksi, tetapi berpengaruh terhadap IWR. Artinya dengan meningkatkan hujan efektif dapat berpengaruh terhadap kebutuhan air irigasi (IWR) tanaman tebu lahan kering.
2. Peningkatan kedalaman tanah dengan frekuensi 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Ketebalan solum hanya berpengaruh terhadap SMD dan reduksi produksi. Artinya ketebalan solum mempengaruhi nilai TAM, semakin tebal solum tanah maka nilai TAM semakin kecil dan semakin tipis solum tanah maka nilai TAM semakin besar. Hal ini dikarenakan kedalaman solum yang berbeda-beda.
3. Peningkatan ketersediaan air dengan frekuensi 100% dan 150%. Peningkatan WHC berpengaruh terhadap neraca air tanah dan reduksi produksi. Artinya dengan peningkatan ketersediaan air yang berbeda-beda berpengaruh terhadap nilai SMD dan TAM.

5.2 Saran

1. Dengan memperhatikan kebutuhan air tanaman dan kondisi iklim yang sewaktu-waktu dapat berubah, maka perlu adanya pertimbangan perencanaan pola tanam yaitu melakukan perlakuan-perlakuan yang dapat meningkatkan dan mendukung ketersediaan air yang cukup bagi tanaman pertanian yang diusahakan di wilayah ini, sehingga tanaman tidak mengalami kekurangan air (stress air) dan meminimalkan penurunan produksi untuk masing-masing fase pertumbuhan. Salah satu paket program yang dapat menggambarkan kebutuhan air tanaman dan perencanaan irigasi adalah model *CropWat for Windows*.

2. Perlu dilakukan usaha-usaha untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas penggunaan air misalnya menanam jenis tanaman sela yang tahan kering dengan umur yang pendek, penggunaan mulsa, memberikan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan menanam tepat waktu sehingga ketersediaan air pada musim kemarau dapat terjaga.



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2002. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Balai Informasi Pertanian Kayuambon Lembang. 1983. **Bercocok Tanam Tebu**. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Baver, L. D., W. H. Gardner dan W. R. Gardner. 1972. **Soil Physics 4th end**. John Wiley. New York.
- Buckman, H. O dan Brady, N. C. 1982. **Ilmu Tanah**. Bharata Karya Aksara. Jakarta.
- BPS. 2001. **Statistik Indonesia**. Badan Pusat Statistik. Indonesia.
- Clarke, D. 1998. **CropWat for Windows : User Guide**. Institute of Irrigation and Development Studies (IIDS). Southampton University. Southampton. UK.
- Carruthers, Ian, Mark W. Rosegrant dan David Secler. 1997. **Irrigation and food security in the 21st century**. Irrigation and Drainage System 11: 83-101.
- Doorenbos, J and A. H. Kassam. 1979. **Yield Response to Water**. FAO. Irrigation and Drainage Paper 33. Rome
- Erfandi, D., I P. G. Widjaja-Adhi, dan M. Ramli. 1993. **Pengelolaan Sistem Usaha Tani lahan Masam Tropika Basah**. hlm 17-28 dalam **Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor, 18-21 Februari 1993**. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- FAO. 1992. **CropWat a Computer Program for Irrigation Planning and Management** Irrigation and Drainage Paper No. 46. Agriculture Organization. Rome.
- Hardjowigeno, S. 1982. **Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Haryati, Umi. 2002. **Keunggulan dan Kelemahan Sistem Alley Cropping Serta Peluang dan Kendala Adopsinya di Lahan Kering DAS Bagian Hulu**.

http://216.239.33.100/search?q=rudycr.tripod.com/sem1_023/umi_haryti.htm+lahan+kering&hl. Diambil pada tanggal 20 Maret 2004.

Helmi, Ifdal, Erigas Ekaputra, Osmet, dan Sugiyanto. 2000. **Studi Penggunaan dan Pengelolaan Air Di Sub-DAS BT**. Ombilin, Sumatera Barat. Makalah pada Seminar Pembangunan dan Pengelolaan Air di Sungai Batang Ombilin, Sumatra Barat. Padang 19 Agustus 2000.

Hidayat, A. dan Mulyani. 2002. **Lahan Kering Untuk Pertanian. hlm. 1-34 dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.

Kelurahan Wonokoyo. 2007. **Monografi Kelurahan Wonokoyo Semester II Tahun 2007**. Kelurahan Wonokoyo. Kecamatan Kedungkandang. Malang.

Kertasaputra, A. G., Mul. Mulyani, S., dan E. Pollein. 1994. **Teknologi Pengairan Pertanian (irigasi)**. Bumi Aksara. Jakarta.

Kurnia, U., Racman, A dan Dariah, A. 2004. **Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Bogor. Jawa barat.

Lutz, E. J dan Chandler, Jr. R. F. 1964. **Forest Soil**. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Monkhouse, F. J., and J. Small. 1978. **Dictionary of The Natural Environment**. Edward Arnold (publ.) Ltd. London. 320 h.

Mubyarto dan Daryanti. 1994. **Gula**. Kajian Nasional Ekonomi. Aditya medya. Jakarta.

Mulyani, A. 2006. **Perkembangan Potensi Lahan Kering Masam**. Sinar Tani.

Notohadinagoro, Tejoyuwono. 1997. **Bercari manat Pengelolaan Berkelanjutan Sebagai Konsep Pengembangan Wilayah Lahan Kering**. Makalah Seminar Nasional dan Pelatihan Pengelolaan Lahan Kering FOKUSHIMITI di Jember. Universitas Jember. Jember.

Oldeman, L. R. 1975. **An Agroclimate Map of Java**. Central Research Institute for Agriculture. Bogor.

Peta Bakosurtanal. 2005. **Peta Administrasi Kelurahan Wonokoyo**. Peta Digital Bakosurtanal. Malang.

Pramudia, A dan Estiningtyas, W. 1996. **Pemanfaatan Informasi Sumber Daya Iklim Dalam Perencanaan Pola Tanam Dan Pengelolaan Air Di Lahan Rawa Sebakung Kalimantan Timur**. Pemberitaan Penelitian Tanah Dan Pupuk Nomor 14: 1-11 Hal

Prijono. S, Endang Listyarini, Dawam. 1996. **Soil Physical Properties and Soil Moisture Retention Related to Organic Matter Input**. J. Agrivita, Vol. 19 No. 4.

Purcell, Randall. 2000. **A Call for Collaboration –Research Project on Modern Water Control and Management Practices- Evaluating the Impact on Irrigation Performance**. World Bank-IPTRID Washington DC, 20433 USA.

Purwowododo. 1996. **Tanah dan Erosi**. Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Rukmana, Rahmat. 1995. **Teknik Pengelolaan Lahan Berbukit dan Kritis**. Kanisius. Jakarta.

Russel, E. W. 1973. **Soil Condition and Plant Growth 10th Edition**. Lengman London.

Santosa, I.G.N. 2006. **Perencanaan Pola Tanam Berdasarkan Kebutuhan Dan Persediaan Air Pada Lahan Kering di Bali Utara. Disertasi. Program Doktor Ilmu Pertanian. Minat Teknik Sumberdaya Air**. Program Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang.

Sheng-Feng, K., C. C. C. Shih, H. Shin-Shen. 1999. **Implementation of CropWat Model to Evaluate Agricultural Water Demand for Chainan Irrigation Association in Taiwan**. Proceeding of 99 International Conference agricultural Engineering. Beijing. China.

Smith, M. 1991. **CROPWAT: Manual and Guidelines**. FAO, Rome.

Smith, M and D. Kivumbi. 2005. **Use of The FAO CROPWAT Model in Defisit Irrigation Studies**. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy
(www.Fao.Org/docrep/004/Y3655E/y3655e05.htm)

Soepardi, G. 1983. **Sifat Dan Ciri Tanah**. IPB. Bogor.

Soepardiman. 1996. **Bercocok Tanam Tebu**. LPP. Yogyakarta.

Soil Srvey Staff. 1999. **Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia 1999. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.** Badan Penelitian dan Pengembangan Bogor.

Sostrodarsono, S. dan Takeda. 1985. **Hidrologi Untuk Pengairan.** Pradnya Paramita. Jakarta.

Stevenson, F.J. 1982. **Humus Chemistry Genesis, Composition and Reaction.** John Willey and Sons. New York.

Sugito, Y. 1999. **Ekologi Tanaman.** Penerbit Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Sukmana, S., H. Suwardjo, A. Abdurachman, and J. Dai. 1986. **Prospect or Flemingia Congesta Roxb. for reclamation and conservation of Volcanic Skeletal Soils.** Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk 4: 50-54.

Sumiarsih, E dan Indirani, Y. H. 1994. **Pembudidayaan Tebu di Lahan sawah dan Tegalan.** Penebar Swadaya. Jakarta.

Suwardji. 2003. **Profil Wilayah Lahan Kering Propinsi NTB: Potensi, Tantangan dan strategi Pengembangannya.** Makalah Seminar Nasional FOKUSHIMITI BEW III di Mataram. Universitas Mataram. Mataram.

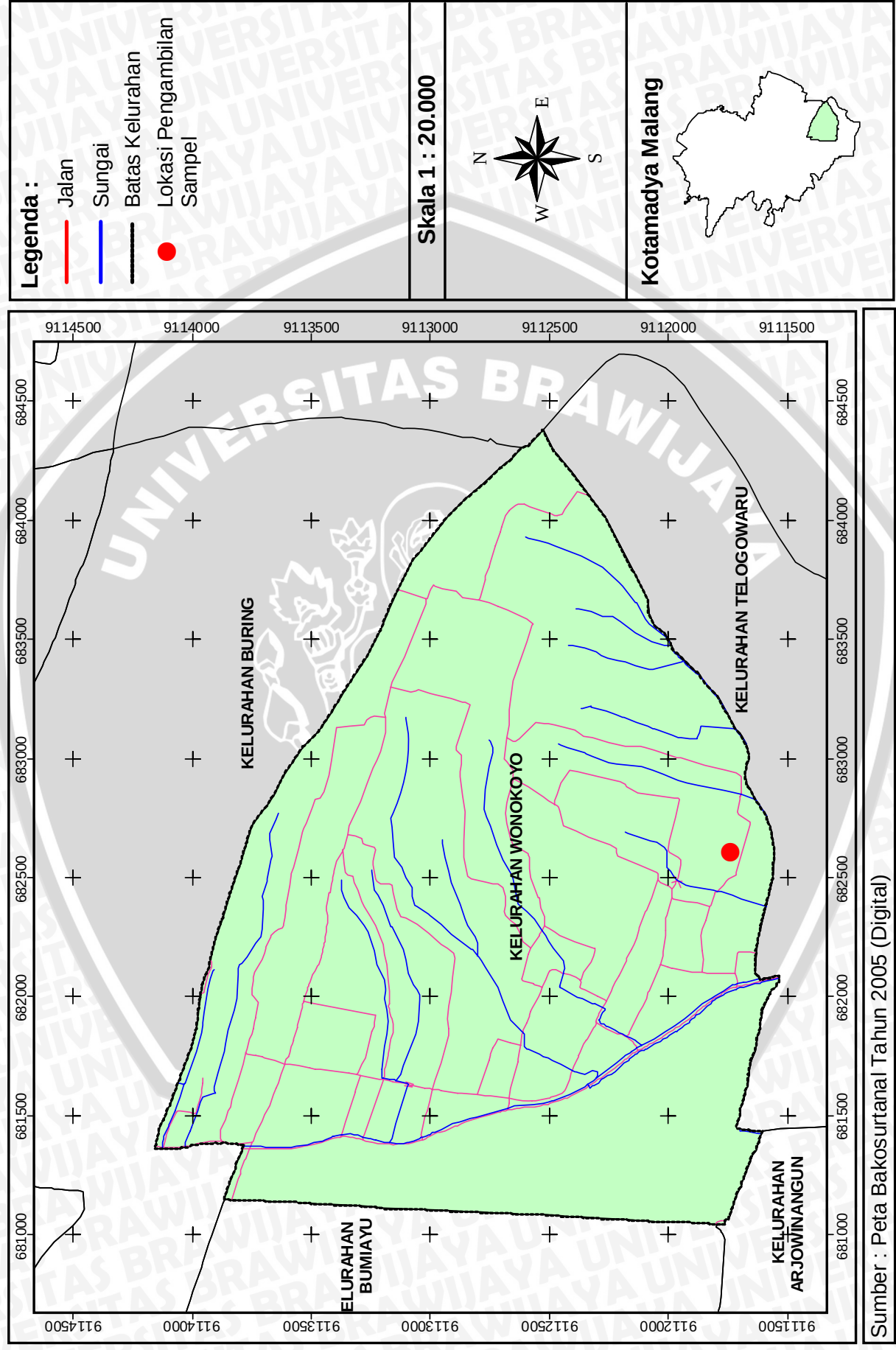
Thompson and Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility 4th Edition.** The Mac Milan. Publ. Co. Inc. New York.

Tim Penulis PS. 2000. **Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan.** Penebar Swadaya. Jakarta.

http://www.ratoonjatim.co.cc/jiunkpe/s1/sip4/2002/jiunkpe-ns-s1-2002-21495251-263-air_irigasi-chapter2.pdf.

http://www.ratoonjatim.co.cc/penilaian_kesuburan_lahan/kedalaman_e_fektif_drainase.htm

PETA ADMINISTRASI KELURAHAN WONOKOYO











































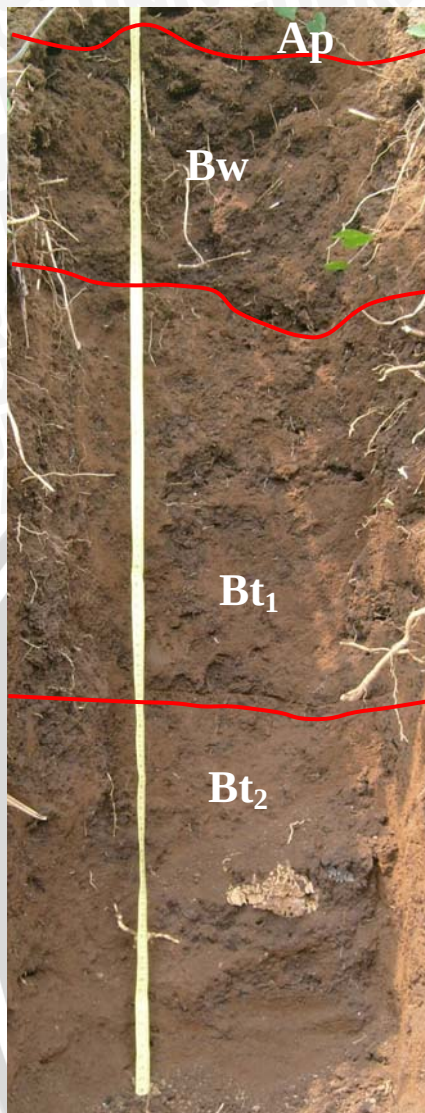




Lampiran 5. Klasifikasi Tanah

No Pedon : 01
 Klasifikasi : Typic Hapludalfs
 Epipedon : Okrik
 Horison : Argilik
 Lokasi : Kelurahan Wonokoyo Kecamatan Kedungkandang
 Relief : Berombak
 Vegetasi : Tebu
 Kedalaman efektif : <100 cm

Kedalaman (cm)	Deskripsi
Ap 0-10	Coklat (10YR 4/3), lembab; lempung; gumpal membulat; lekat, plastis, sangat gembur; pori halus banyak, sedang biasa, kasar sedikit; akar halus banyak, sedang banyak, kasar biasa; batas baur, rata;
Bw 10-46	Coklat sangat kelabu (10YR 3/2), lembab; lempung berliat; gumpal membulat; lekat, plastis, gembur; pori halus banyak, sedang biasa, kasar biasa; akar halus sedang, seang sedikit, kasar sedikit; bats baur, rata;
Bt ₁ 46-91	Coklat sangat kelabu (10YR 3/2), lembab; lempung berliat; gumpal membulat; lekat, plastis, gembur; pori halus banyak, sedang biasa, kasar sedikit; akar halus biasa, sedang biasa, kasar sedikit; batas baur, rata;
Bt ₂ 91-132	Coklat sangat kelabu (10YR 3/2), lembab; liat berdebu; gumpal bersudut; lekat, plastis, gembur; pori halus banyak, sedang biasa, kasar sedikit; akar halus biasa, sedang biasa, kasar sedikit;



Ordo	: Alfisol
Sub Ordo	: Udalfs
Great Grup	: Hapludalfs
Sub Grup	: Typic Hapludalfs
Familly	: Berlempung halus, campuran.

Klasifikasi tanah

Rejim kelembaban tanah : Udik

Dilihat dari kondisi lingkungan dan tanah pada lokasi, serta dari kenampakan kehidupan mikroorganisme yang ada dapat diketahui bahwa kondisi tanah dan lokasi secara umum adalah lembab dan tidak terlalu kering. Jadi dapat termasuk dalam kriteria rejim kelembaban udik, dengan kondisi tidak pernah kering selama 90 hari kumulatif.

Rejim suhu tanah : Isohipertemik

Dari hasil perhitungan rejim suhu tanah diketahui bahwa pada lokasi memiliki rejim suhu rata-rata tahunan adalah $25,886^{\circ}\text{C}$, hasil perhitungan ini memenuhi persyaratan untuk rejim suhu tanah isohipertermik yaitu suhu tanah rata-rata mencapai 22°C atau lebih dengan perbedaan suhu antara musim panas dan musim kering tidak lebih dari 6°C .

Epipedon : Okrik

Horison penciri permukaan pada lokasi termasuk okrik karena tidak memenuhi persyaratan untuk memasuki epipedon molik, pada penciri warna. Selain itu penciri lainnya yaitu ketebalannya tidak termasuk kedalam epipedon molik.

Endopedon : Argilik

Horison penciri bawah permukaan pada lokasi termasuk dalam endopedon argilik, karena terdapat gejala illuviasi liat secara nyata, yang menunjukkan perbedaan dengan horison penciri di atasnya.

Ordo : Alfisols

Tanah pada lokasi termasuk dalam ordo alfisols karena memiliki kenampakan adanya penambahan liat secara nyata, yang merupakan penciri khusus dari tanah alfisol. Yang berarti telah adanya perkembangan lebih lanjut dari tanah tersebut.

Subordo : Udalfs

Tanah alfisols yang memiliki rejim kelembaban udik.

Grup : Hapludalfs

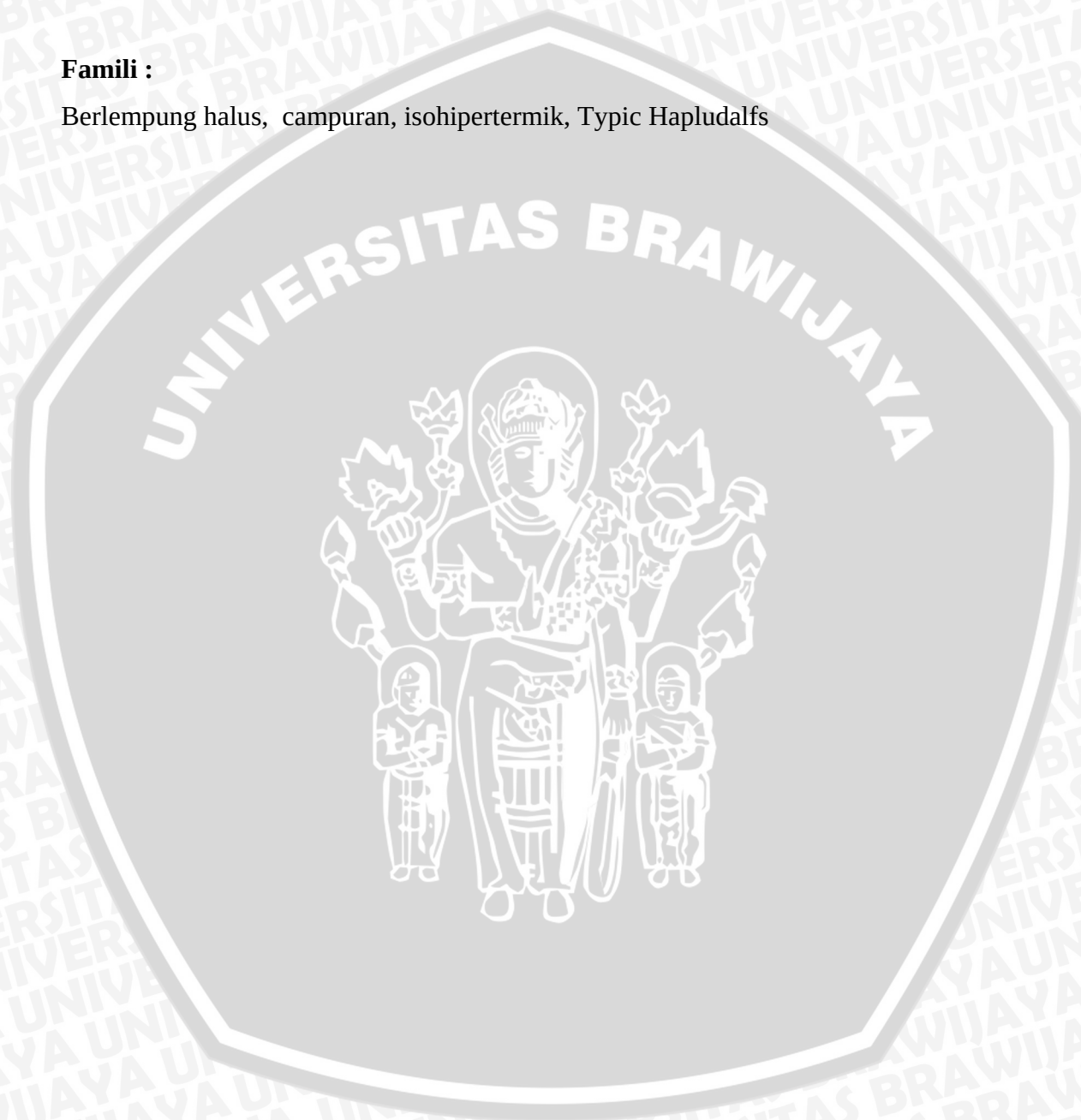
Karena memiliki penciri yang tidak termasuk dalam penciri subordo yang lain, sehingga digolongkan sebagai udalfs yang lain

Subgrup : Typic Hapludalfs

Masuk dalam subgrup typic hapludalfs, karena merupakan tanah alfisols yang memiliki penciri yang tidak termasuk dalam penciri subgrup lainnya.

Famili :

Berlempung halus, campuran, isohipertermik, Typic Hapludalfs



**Lampiran 6. Tegalan Tanaman Tebu Kelurahan Wonokoyo Kecamatan
Kedungkandang Kota Malang**



Gambar 5. Tebu Umur 3-4 Bulan

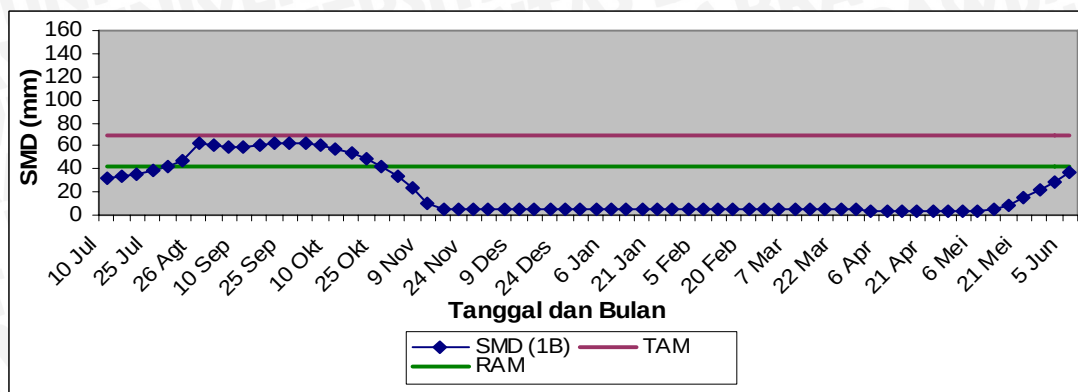


Gambar 6. Tebu Umur 4-5 Bulan

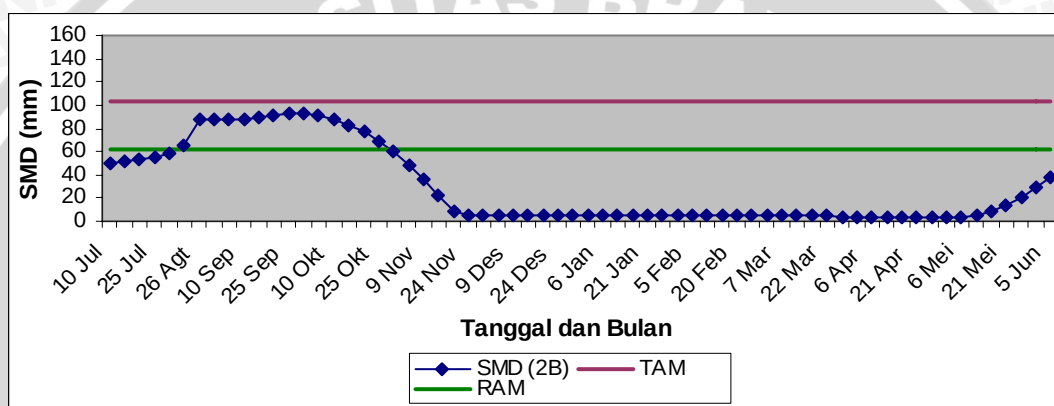


Gambar 7. Tebu Umur 7-8 Bulan

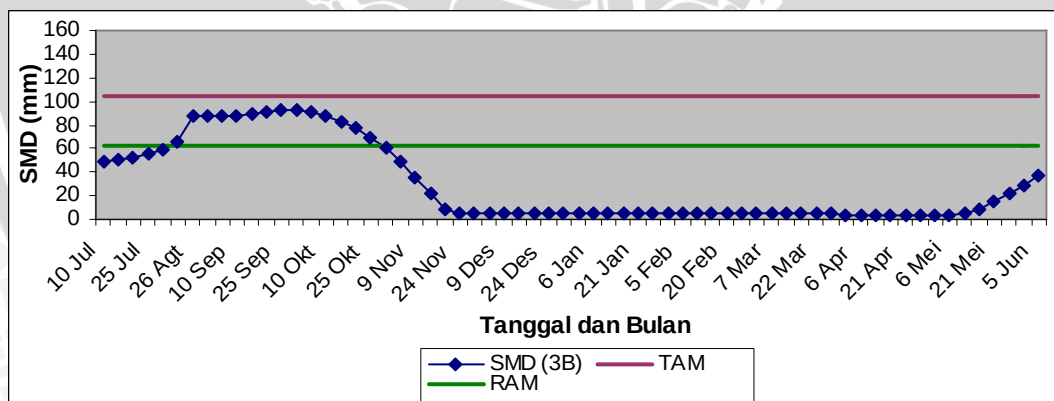
Lampiran 7. Pengaruh Nilai SMD Terhadap Ketersediaan Air Tanaman Tebu



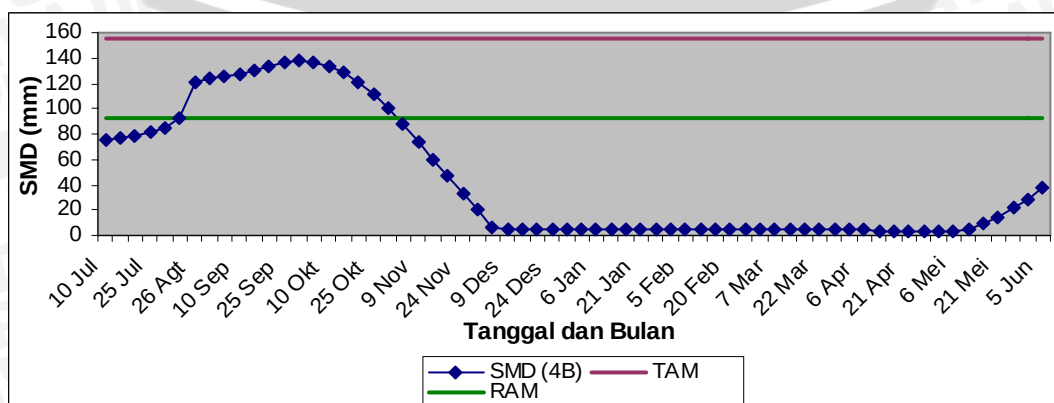
(a)



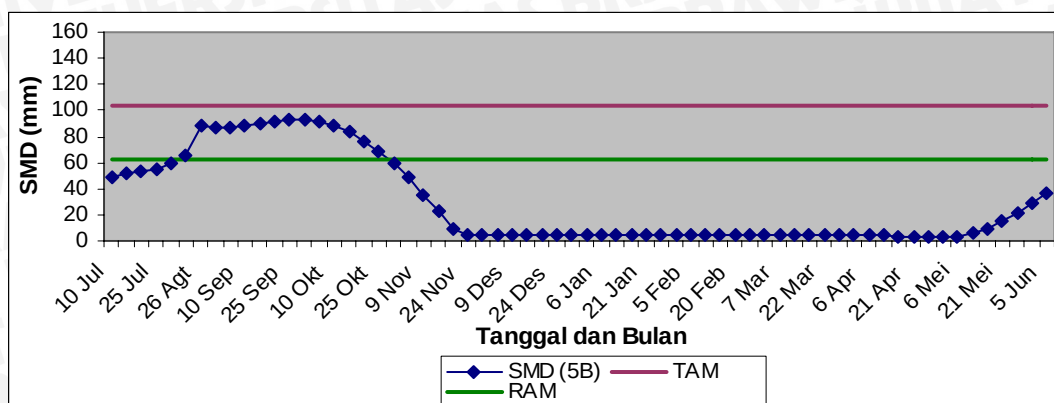
(b)



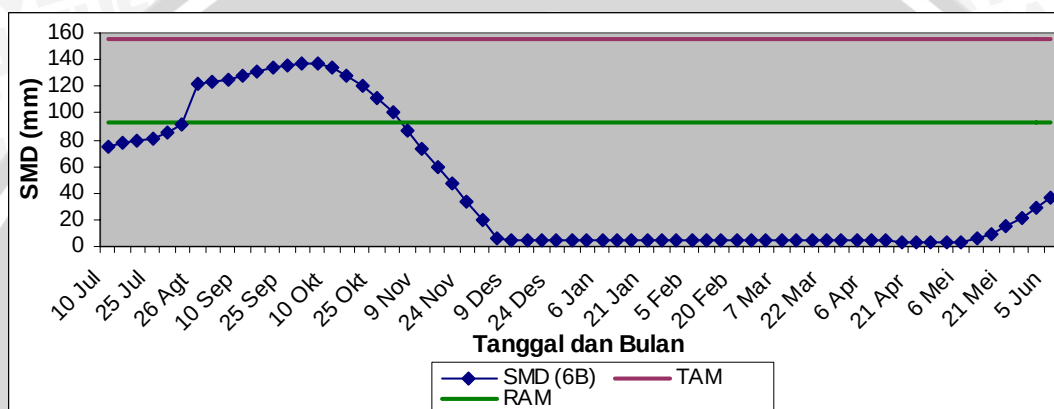
(c)



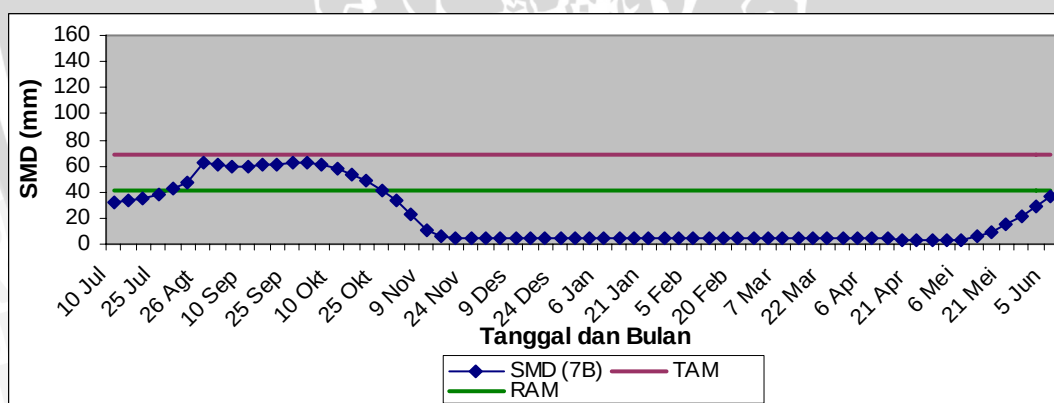
(d)



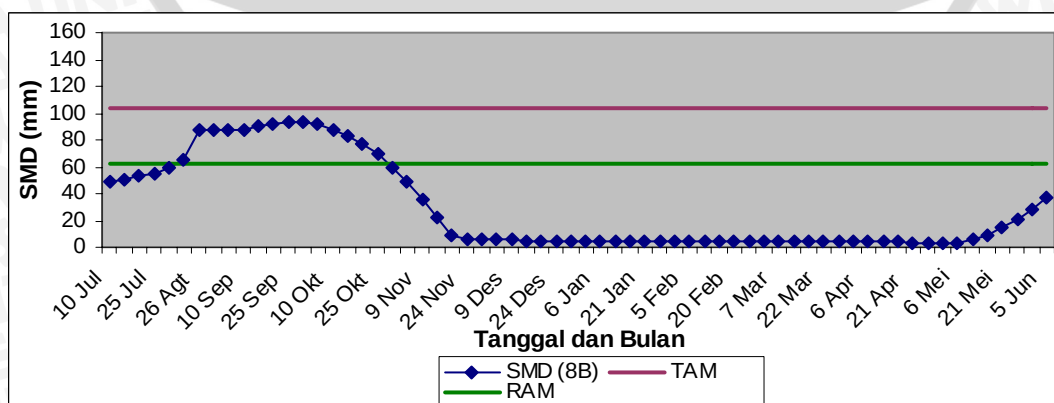
(e)



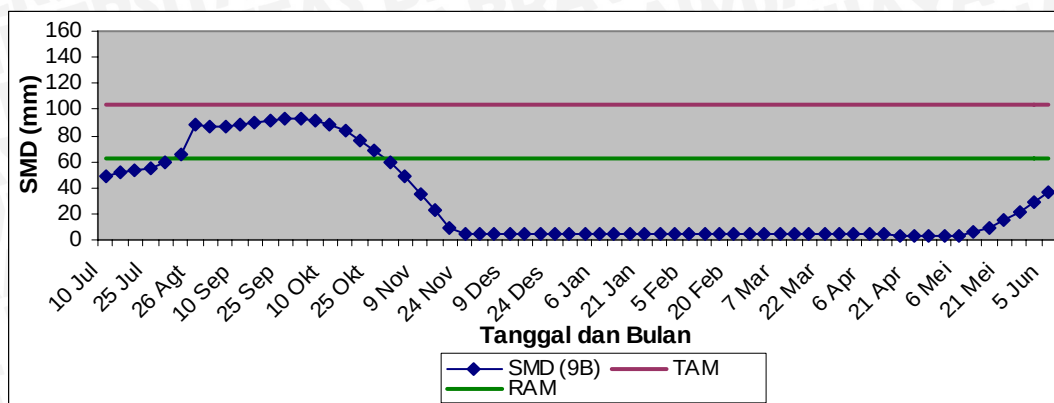
(f)



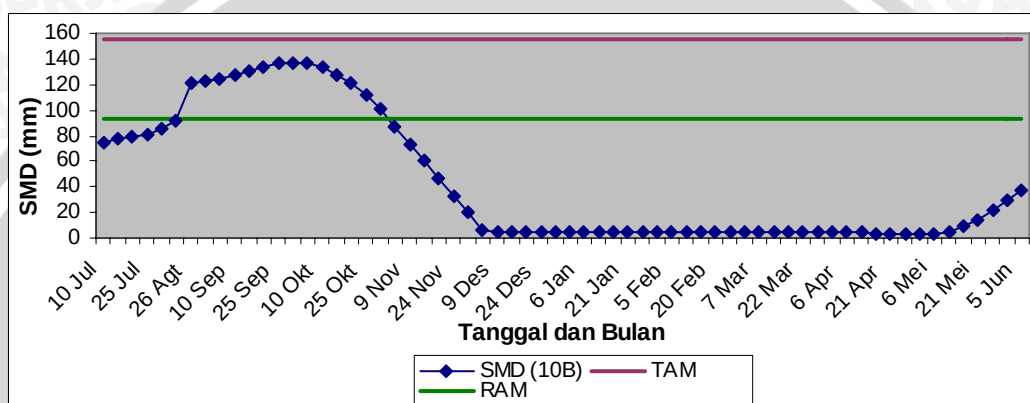
(g)



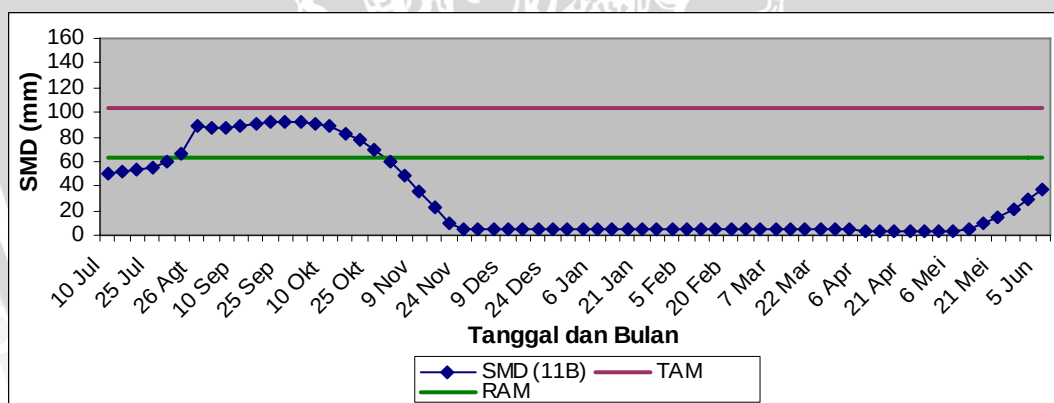
(h)



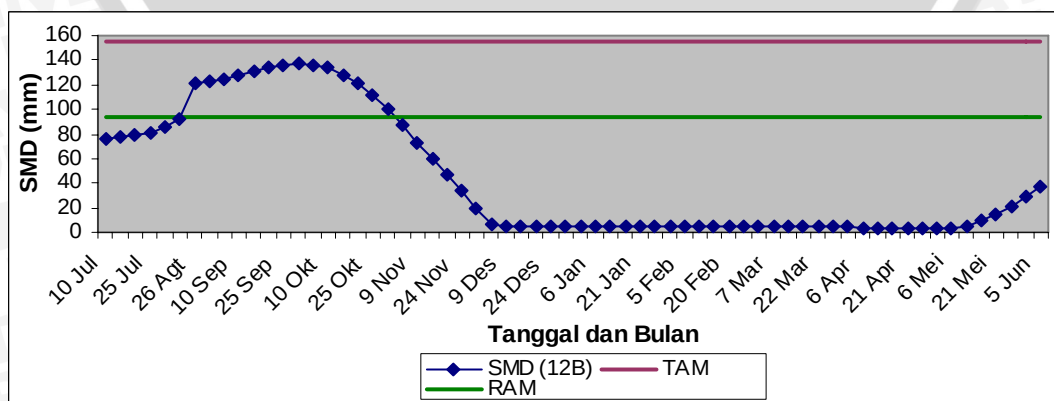
(i)



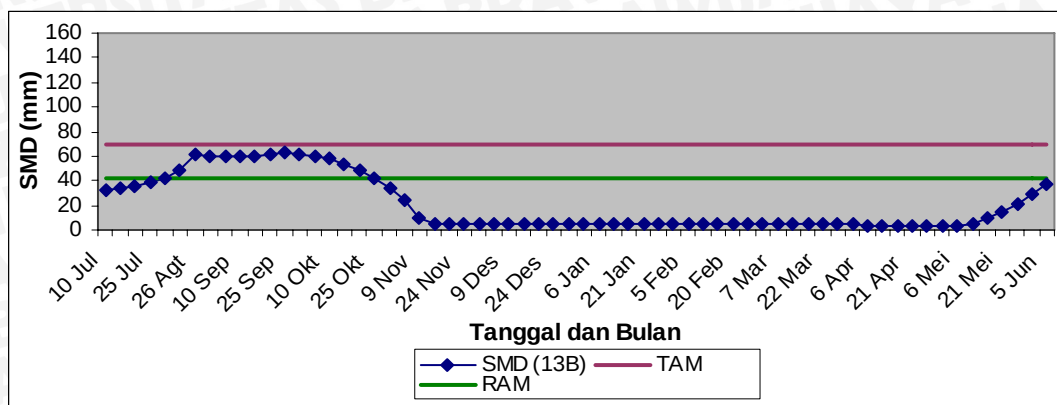
(j)



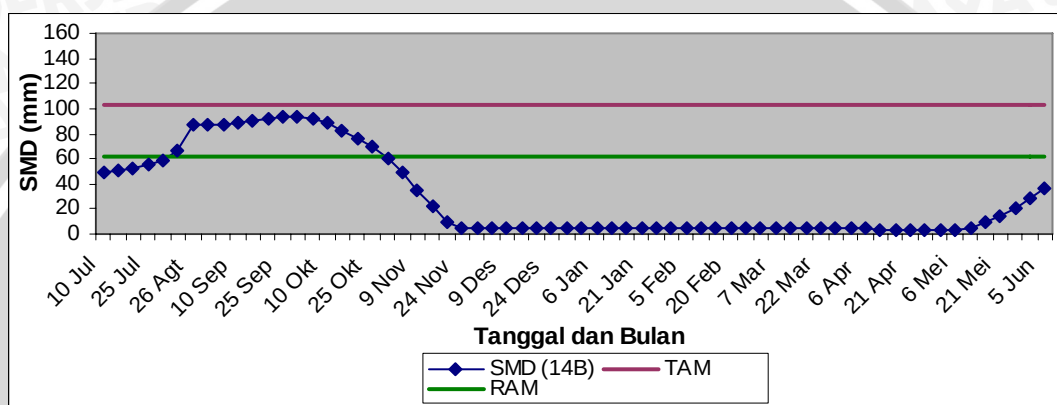
(k)



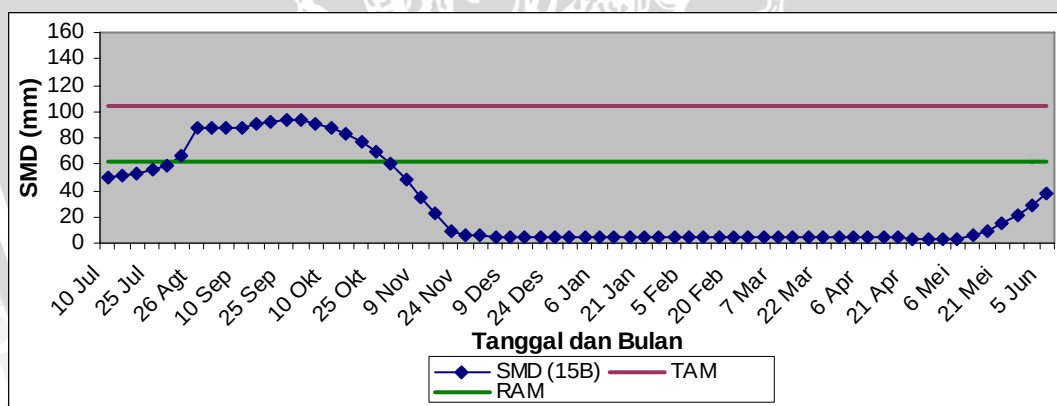
(l)



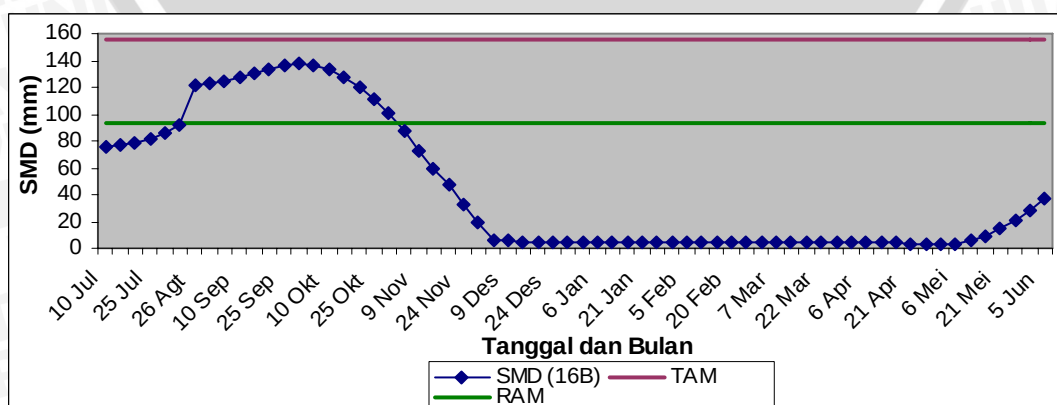
(m)



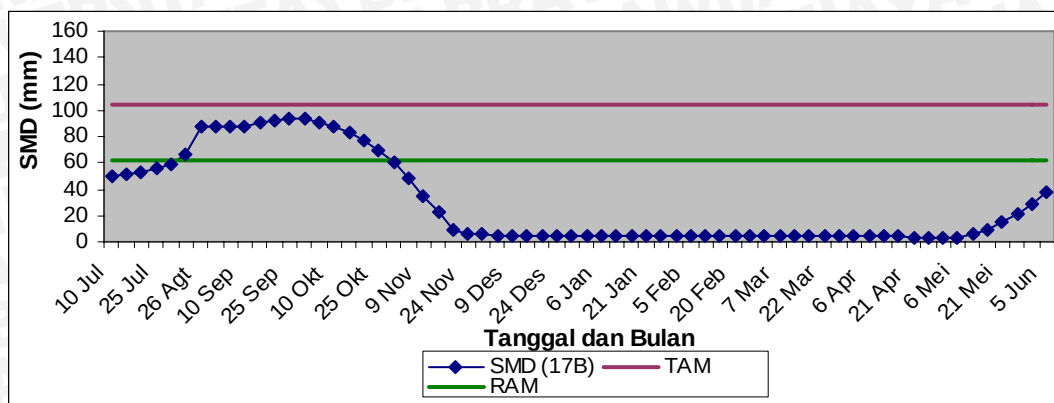
(n)



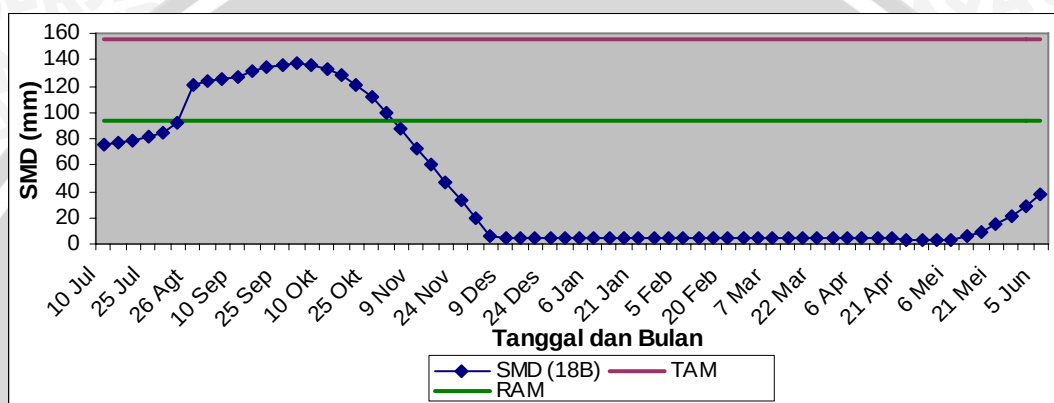
(o)



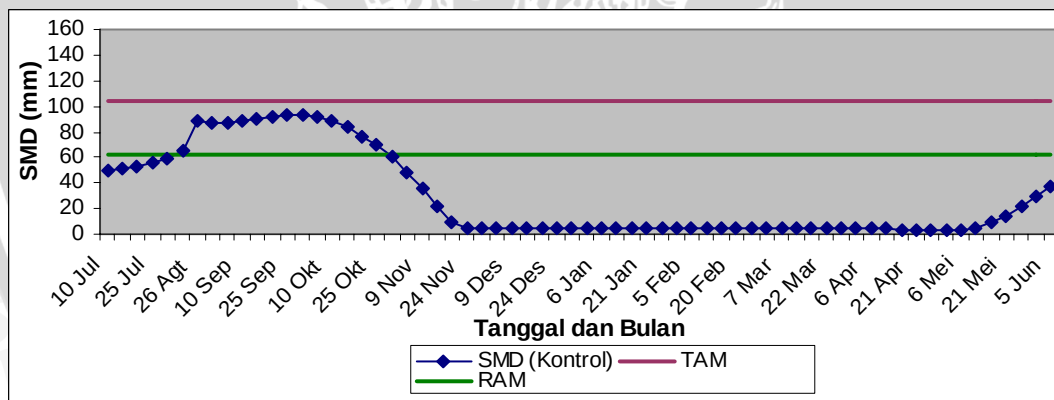
(p)



(q)



(r)



(s)

Keterangan :

(a) sampai (s) = Perlakuan CropWat for Windows