

6/EFM/1991/007

PENDUGAAN DAN PERBANDINGAN PENGUAPAN, LENGAS TANAH DAN SUHU TANAH PADA TIGA KONDISI PENUTUPAN TANAH DI CIKARAWANG-BOGOR, JAWA BARAT

Handwritten signature

HELMY HASAN BASRI
G 22 0211



JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1991

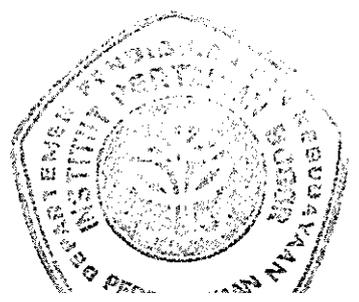
PENDUGAAN DAN PERBANDINGAN PENGUAPAN,
LENGAS TANAH DAN SUHU TANAH PADA TIGA KONDISI
PENUTUPAN TANAH DI CIKARAWANG-BOGOR, JAWA BARAT

Laporan Makalah Khusus
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Agrometeorologi
Pada
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Helmy Hasan Basri
Nrp. G22 0211

JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1 9 9 1





RINGKASAN

HELMY HASAN BASRI G22 0211. PENDUGAAN DAN PERBANDINGAN PENGUAPAN, LENGAS TANAH DAN SUHU TANAH PADA TIGA KONDISI PENUTUPAN TANAH DI CIKARAWANG-BOGOR JAWA BARAT. (DI BAWAH BIMBINGAN Ir. HENY SUHARSONO, MS).

Ketersediaan lengas tanah sangat penting artinya, terutama di bidang pertanian. Kelebihan dan kekurangan lengas tanah dapat menimbulkan masalah yang serius. Untuk itu diperlukan cara yang baik untuk mengetahui dan memperkirakan keberadaannya. Banyak faktor yang mempengaruhi ketersediaan lengas di dalam tanah, seperti faktor iklim dan cuaca, sifat fisik tanah dan vegetasi yang tumbuh di atasnya.

Dalam rangka ingin mengetahui kuantitas lengas tanah dan pola fluktuasinya pada kondisi permukaan yang berbeda, maka dapat digunakan metoda perhitungan neraca air harian sistem tatabuku yang dikeluarkan oleh Thornthwaite, yang memiliki komponen masukan curah hujan dan keluaran penguapan, kandungan lengas tanah dan limpasan. Selain itu juga dapat dilihat besarnya surplus dan defisit yang terjadi.

Penelitian ini memperhitungkan dan membandingkan pendugaan besarnya penguapan hasil perhitungan dengan penguapan dari pengukuran panci-A. kandungan lengas tanah dari hasil perhitungan neraca air harian dibandingkan dengan pengukuran secara gravimetri terhadap tiga jenis keadaan lokasi yang berbeda, yakni tanah gundul, tanah tertutup rumput dan tanah yang ditanami jagung.

Penguapan dihitung dengan menggunakan persamaan empiris Penman dengan memasukkan data iklim berupa data harian suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan lama penyinaran. Berdasarkan hasil uji statistik besarnya penguapan air bebas hasil perhitungan (E_o Penman) dan besarnya penguapan air bebas hasil pengukuran (E_o panci-A) tidak berbeda nyata. Nilai rata-rata hasil pengukuran yaitu 3.7 mm, sedangkan nilai rata-rata hasil pengukuran sebesar 3.5 mm.

Pengujian statistik terhadap kandungan lengas tanah hasil pengukuran (Gravimetri) dengan hasil perhitungan neraca air terhadap tiga lokasi penelitian menghasilkan keadaan yang tidak berbeda nyata untuk lahan jagung, sedangkan untuk lokasi tanah gundul dan tanah berumput berbeda nyata. Grafik pengukuran suhu tanah memberikan gambaran yang berbeda akibat perbedaan penutupan permukaan tanah.



Judul : PENDUGAAN DAN PERBANDINGAN PENGUAPAN, LENGAS TANAH DAN SUHU TANAH PADA TIGA KONDISI PENUTUPAN TANAH DI CIKARAWANG BOGOR-JAWA BARAT.

Nama Mahasiswa : Helmy Hasan Basri.

N r p : G. 22 0211

Disetujui :

Pembimbing

(Ir. Heny Suharsono, MS.)

Mengetahui :
Jurusan Geofisika dan Meteorologi

(DR. Ir. Ahmad Basri)
Ketua Jurusan



(Ir. Abujamin Ahmad Nasir)
Komisi Pendidikan

Tanggal Kelulusan : 9 NOV 1991

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bukittinggi pada tanggal 25 Februari 1966. Merupakan putra ke-4 dari lima bersaudara berasal dari pasangan orang tua, ayah yang bernama Hasan Basri dan Ibu Yusnizar.

Pendidikan yang pernah ditempuh adalah Sekolah Dasar selama enam setengah tahun di SDN Lengkong Besar 105 Bandung. Tahun 1979 Penulis memasuki Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 10 Bandung hingga tahun 1982. Pada tahun yang sama penulis memasuki Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Bukittinggi dan selesai pada tahun 1985. Melalui Jalur Penelusuran Minat dan Kemampuan (PMDK) pada tahun yang sama penulis tercatat sebagai mahasiswa di Institut Pertanian Bogor, dan memilih program studi Agromet pada Jurusan Geofisika Dan Meteorologi FMIPA.

Hal Cipta (Hak Cipta) Undang-undang
1. Dilindungi sebagai hak cipta yang tidak dapat dipertukarkan dan tidak dapat diwariskan.
2. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
3. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
4. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
5. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
6. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
7. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
8. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
9. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.
10. Pengalihan hak cipta kepada orang lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, termasuk dengan cara sewa, pinjam, atau lainnya, harus dilakukan dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Jenderal Hak Cipta.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Atas berkat rahmatNya penyusunan dan penulisan laporan masalah khusus ini dapat diselesaikan.

Laporan ini merupakan hasil penelitian yang merupakan salah satu tugas akhir akademik untuk memperoleh gelar sarjana Agrometeorologi.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Heny Suharsono, MS atas bimbingan dan arahnya selama penelitian dan penyusunan laporan ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ir. Abujamin AN. dan Ibu Ir. Tania June, MSc. yang telah berkenan menguji penulis.

Tak lupa penulis haturkan terima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan di Agromet dan semua pihak yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian laporan ini. Semoga kebaikan yang ada mendapat balasan yang berlipat dari Allah SWT.

Tanpa mengecilkan segala kekurangan dari isi maupun teknik penulisan dari laporan ini, semoga dapat bermanfaat adanya.

BOGOR, SEPTEMBER 1991

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Tujuan Penelitian.....	1
1.2. Hipotesis.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Lengas Tanah.....	3
2.1.1. Perubahan Lengas Tanah Surplus dan Defisit...	4
2.2. Pengukuran Kelengasan Tanah.....	6
2.2.1. Metoda Gravimetrik.....	7
2.2.2. Metoda Tensiometrik.....	7
2.2.3. Metoda Pembauran Neutron.....	7
2.2.4. Metoda Tahanan Listrik.....	8
2.3. Curah Hujan.....	8
2.4. Evaporasi dan Evapotranspirasi.....	9
2.4.1. Evaporasi.....	10
2.4.2. Evapotranspirasi.....	12
2.5. Pengukuran Evaporasi dan Evapotranspirasi.....	14
2.5.1. Pengukuran Evaporasi	14
2.5.2. Pengukuran Evapotranspirasi.....	14
2.6. Pendugaan Evaporasi dan Evapotranspirasi.....	15
2.7. Neraca Air.....	19
2.7.1. Komponen Neraca Air.....	21
2.7.2. Ketersediaan Air Bagi Tanaman.....	26

2.7.3.	Kapasitas Lapang.....	26
2.7.4.	Titik Layu Permanen.....	27
2.7.5.	Air Tersedia.....	27
2.8.	Suhu Tanah.....	28
2.9.	Evaporasi; Suhu Tanah dan Kadar Air Tanah.....	31
III.	BAHAN DAN METODE.....	33
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.2.	Bahan-Bahan Penelitian.....	33
3.3.	Metode Penelitian.....	34
3.3.1.	Pengukuran Evapotranspirasi dan Kandungan Lengah Tanah.....	34
3.4.	Pendugaan Evaporasi, Evapotranspirasi dan Kandungan Lengah Tanah.....	35
3.4.1.	Pendekatan Evapotranspirasi dengan Metoda Neraca Air Klimatologi.....	38
3.4.2.	Neraca Air Harian.....	38
3.5.	Analisa Sifat Fisik dan Tekstur Tanah.....	40
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1.	Keadaan Umum dan Sifat Fisik Tanah.....	43
4.2.	Penguapan.....	45
4.2.1.	Perhitungan dan Analisa Neraca Air Harian....	50
4.2.2.	Analisa Statistik Perhitungan dan Pengukuran.	54
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1.	Kesimpulan.....	62
5.2.	Saran.....	63
	DARTAR PUSTAKA.....	66
	LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	67

Hal Gita Cipta Nur Irena
 1. Diteliti mengenai sebagian dari sifat-sifat sayuran dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman
 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor tersebut terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman
 3. Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan IPB Bogor
 4. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode statistik
 5. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik
 6. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik
 7. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik
 8. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik
 9. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik
 10. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif yang dapat diolah dengan menggunakan metode statistik

DAFTAR TABEL

	Halaman
<u>Teks</u>	
Tabel 1. Beberapa Perbedaan Pengertian Surplus dan Defisit air dari Beberapa Peneliti	6
Tabel 2. Hasil Pengukuran Albedo Di Sekitar Equator (Rose, CW 1969)	32
Tabel 3. Hasil Analisa Sifat Fisik Tanah	43
Tabel 4. Fraksi dan Komposisi Partikel Jenis Tanah Latosol Dramaga	43
Tabel 5. Kisaran dan Rataan Nilai Penguapan Potensial dan Penguapan Aktual Hasil Perhitungan dan Pengukuran	47
Tabel 6. Uji Nilai Tengah Terhadap Nilai Penguapan Air Bebas Hasil Perhitungan (Eo Penman) dan Hasil Pengukuran (Panci-A) Dengan Hipotesis $H_0 : \mu_1 = \mu_2$	48
Tabel 7. Uji Nilai Tengah Terhadap Nilai Tertentu (nol) Untuk Kandungan Air Tanah Hasil Pengukuran (Gravimetri) dan Hasil Perhitungan (Neraca Air Harian) Dengan Hipotesis $H_0 : \mu = 0$	55
Tabel 8. Transmisi Radiasi Surya (%) Tengah Hari Pada Tanaman Jagung (Sittaniapessy, 1985) ...	57

Lampiran

Lampiran 3. Kadar Air Tanah dan Albedo Jenis Tanah Latosol Dramaga (Fidel. F, 1985)	70
Lampiran 4. Data Kandungan Lengas Tanah Dari Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan	71
Lampiran 5. Data Suhu Tanah Rataan Harian Pada Tiga Keadaan Penutupan Permukaan Tanah	72

- Lampiran 6. Neraca Air Harian Tanah Berumput Di Wilayah Cikarawang dan Sekitarnya
- Lampiran 7. Neraca Air Harian Tanah Gundul Di Wilayah Cikarawang dan Sekitarnya
- Lampiran 8. Neraca Air Harian Tanah Ditanami Jagung Di Wilayah Cikarawang dan Sekitarnya ...
- Lampiran 9. Tabel Perhitungan Penguapan Air Bebas Metoda Penman

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<u>Teks</u>	
Gambar 1. Skema Neraca Bahang Pada Siang Hari dan Malam Hari (de Rozari, 1984)	28
Gambar 2. Bagan Panas Yang Diterima Oleh Tanah, Hilang dari Tanah dan Bergerak Dalam Tanah	30
Gambar 3. Grafik Fluktuasi Penguapan Air Bebas Eo-Penman dan Penguapan Air Bebas Neraca Air Harian	49
Gambar 4. Grafik Keadaan Suhu Tanah Pada Tiga Penuutupan Permukaan Berbeda Kedalaman 10 cm .	56
Gambar 5. Grafik Pola Kandungan air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Berumput .	59
Gambar 6. Grafik Pola Kandungan air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Gundul ...	60
Gambar 5. Grafik Pola Kandungan air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Ditanami Jagung	61
<u>Lampiran</u>	
Lampiran 1. Keadaan Lingkungan Fisik Di Sekitar Stasiun Klas I Cikarawang	67
Lampiran 2. Grafik Kandungan Lengas Tanah Pada Ke-Lokasi Menurut Pengukuran Dibandingkan Dengan Hasil Perhitungan	68

Halaman ini adalah bagian dari buku yang diterbitkan oleh IPB University dan merupakan hak cipta dari IPB University. Seluruh isi buku ini dilindungi oleh undang-undang. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau memperjualbelikan kembali tanpa izin tertulis dari IPB University.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air (lengas) tanah merupakan faktor yang penting dibidang pertanian. Keberadaan air tanah khususnya dalam hal kuantitasnya dapat menentukan potensi suatu lahan pertanian. Di pihak lain masukan air tanah hampir sebagian besar tergantung pada curah hujan untuk sebagian besar areal pertanian di Indonesia, khususnya pada lahan pertanian tadah hujan.

Jumlah air yang masuk, keluar dan yang tertahan di dalam tanah tidak terlepas dari pengaruh dan keadaan lingkungan setempat dalam hal ini iklim/cuaca, dan sifat-sifat fisik tanah khususnya menentukan terhadap besar air tanah yang tertahan. Sedangkan yang termasuk keadaan tanah salah satunya yaitu vegetasi yang tumbuh di atasnya yang bertindak sebagai media pelepasan air (lengas) tanah ke udara.

Hubungan air, tanah, tanaman, dan atmosfer secara kuantitatif dapat diduga berdasarkan teknik perhitungan neraca air harian.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan :
Mengetahui besarnya kandungan lengas tanah dan penguapan berdasarkan hasil perhitungan neraca air harian, serta

suhu tanah hasil pengukuran pada tiga kondisi penutupan tanah, sekaligus membandingkan kandungan lengas tanah yang dihasilkan dari perhitungan neraca air harian dengan hasil pengukuran (gravimetri).

1.3. Hipotesis

Pendugaan kandungan lengas tanah menurut perhitungan neraca air tanah harian lebih efektif dibandingkan dengan pengukuran secara gravimetri.

(1957), jenis tanah tanah menentukan kemampuan tanah, dalam hal menahan air. Tanah pasir hanya dapat menahan air 1 - 2 cm air setiap ke dalam air tanah 30 cm. Sedangkan lempung dan liat dapat menahan 10 cm air atau lebih pada ke dalam yang sama. Akan tetapi menurut Muwardi (1980), kapasitas menahan air dipengaruhi oleh dua faktor yang berbeda : pertama oleh struktur dan tipe tanah; kedua oleh faktor tumbuhan/vegetasi yang menutupi di atasnya. Tumbuhan yang perakarannya dalam mampu mengambil air pada kedalaman yang lebih dalam dibandingkan dengan tumbuhan yang perakarannya pendek. Perubahan penyimpanan air tanah adalah perbedaan kandungan lengas tanah dari suatu periode sebelumnya. Kandungan maksimum yang dapat tersimpan dalam tanah, sangat tergantung kepada tipe, struktur dan kedalaman profil tanah yang disesuaikan dengan kedalaman perakaran tumbuhan (Tadjang, 1980).

2.1.1. Perubahan Lengas Tanah, Surplus dan Defisit.

Perubahan kandungan air tanah dapat beragam mulai dari nol untuk tanah kering mutlak hingga suatu nilai tertentu pada kapasitas lapang. Kapasitas simpan air pada suatu tanah merupakan kesetimbangan antara air yang hilang (*looses*) dan air yang masuk (*gains*) dan nilainya dapat berubah tergantung jenis tanah dan kedalaman zone perakaran. Bila tanah relatif seragam disekitar perakaran,

kapasitas simpannya adalah jumlah kapasitas simpan setiap lapisan pembentuk tanah (Doorenbos and Pruitt, 1975).

Pada setiap perioda evapotranspirasi/evaporasi merupakan pengambilan cadangan air tanah, sedangkan curah hujan merupakan penambahan. Bila evaporasi/evapotranspirasi melebihi curah hujan maka akan terjadi defisit air, sebaliknya akan terjadi surplus air. Defisit air akan terjadi bila air tanah berkurang hingga mencapai titik layu permanen, dan jumlahnya sangat tergantung pada perubahan kapasitas simpan tanah (*water holding capacity*). Surplus merupakan kelebihan air yang tidak tertampung dalam tanah karena jumlahnya melebihi kapasitas simpan air dalam tanah atau kapasitas lapang.

Kelebihan air atau surplus digunakan untuk menaikkan kandungan air tanah. Setelah mencapai kapasitas lapang, kelebihan air selanjutnya akan hilang sebagai limpasan permukaan atau perkolasi ke bawah zone perakaran (Chang, 1968 ; Mather, 1974). Limpasan permukaan dapat juga terjadi sebelum tercapai kapasitas lapang pada seluruh lapisan tanah bila intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi. Proses tersebut tergantung pada intensitas curah hujan, kapasitas infiltrasi, kapasitas simpan permukaan tanah, tipe dan struktur tanah, dan kadar airnya serta kedalaman lapisan kedap air.

Terdapat beberapa perbedaan pengertian defisit dan surplus dari beberapa peneliti :

Tabel 1. Beberapa perbedaan pengetian surplus dan defisit air dari beberapa peneliti.

Metode	Defisit	Surplus
Thorntwaite and Mather, (1957) ; Mather, (1974)	AE - PE (P-PE)	$\frac{(P-PE) - dS}{(P > PE)}$
Chang, (1968)	AE - PE (P>PE)	$\frac{P - AE}{(P > FC)}$
Smith, (1973)	PE - P (P>PE)	$\frac{P - PE}{(P > PE)}$

Keterangan : P = Presipitasi
 PE = Evapotranspirasi Potensial
 AE = Evapotranspirasi Aktual
 dS = Perubahan Kadar Air Tanah
 FC = Kapasitas Lapang.

2.2. Pengukuran Kelengasan Tanah

Terdapat beberapa metoda untuk menentukan dan mengukur kedalaman dan volume air yang dapat disimpan oleh tanah, yaitu :

2.2.1. Metoda Gravimetri

Metoda ini menentukan kadar air tanah dengan cara menimbang berat tanah sebelum dan sesudah dikeringkan. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Persentase kandungan air tanah terhadap bobot adalah :

$$KAT = \frac{BB - BK}{BK} \times 100\%$$

dimana : KAT = Kandungan air tanah (%)

BB = Berat basah tanah sebelum dioven

BK = Berat kering tanah setelah dioven.

2.2.2. Metode Tensiometrik

Metode ini didasarkan pada pengukuran tegangan tanah dalam mengikat air. Jadi mengukur absolut jumlah air dalam tanah. Pengukuran dilapangan dengan tensiometer sangat berguna untuk mengetahui perubahan kandungan air tanah setiap saat. Kemampuan pengukuran dengan alat ini terbatas hingga 0.85 atmosfer atau 850 milibar.

Sensor tensiometer biasanya terbuat dari keramik yang porous dan ditempatkan di dalam tanah. Keramik tersebut menghisap air dari dalam tanah. Dengan dihisapnya air tersebut menyebabkan perubahan tekanan hidrostatik dalam tabung tensiometer sesuai dengan banyaknya air yang dihisap. Perubahan tekanan ini ditunjukkan oleh manometer (Hillel, 1971).

2.2.3. Metoda Pembauran Neutron

Cara ini merupakan metoda penetapan kandungan air tanah paling mutakhir. Atom H yang terdapat dalam air tanah secara efektif dapat menguragi kecepatan neutron dan membaurkannya. Karena pembauran dan perubahan arah, sebagian dari neutron kembali ke asalnya, tetapi setelah berubah sebagai neutron yang memiliki kecepatan diperlambat. Jumlah neutron yang diperlambat dihubungkan dengan jumlah atom H dan selanjutnya dihitung jumlah molekul H_2O yang terdapat dalam tanah (Sitorus et. al., 1980).



2.2.4. Metoda Tahanan Listrik.

Cara ini dilakukan dengan jalan memasang sensor yang poros di dalam tanah. Sensor poros tersebut akan menghisap air yang ada di dalam tanah sehingga terjadi keseimbangan. Tahanan sensor terhadap aliran listrik tergantung jumlah air yang dihisap. Dengan mengkalibrasikan tahanan listrik yang terjadi terhadap kelengasan tanah, dapat dihitung kandungan air tanah tersebut. Cara ini tidak hanya tergantung terhadap jumlah air yang diserap, tetapi juga komposisi, tekstur, dan konsentrasi larutan garamnya (Hillel, 1971).

2.3. Curah hujan

Presipitasi adalah air dalam bentuk cair atau padat dapat berupa hujan, salju atau hail dan terjadi apabila suatu masa udara dalam jumlah besar telah didinginkan secara terus menerus dibawah titik embun sehingga terkondensasi (Manan, 1976).

Curah hujan adalah salah satu bentuk presipitasi dalam bentuk cair yang jatuh dipermukaan bumi sebagai akibat adanya proses kondensasi massa udara dalam jumlah besar (Chow, 1964). Dengan demikian menurut Barry (1969), untuk terjadinya hujan harus tersedia inti kondensasi.

Salah satu bentuk presipitasi yang paling penting di Indonesia menurut Soemarto (1987) adalah curah hujan, sehingga dalam pembahasan mengenai curah hujan ada 5 unsur



yang harus ditinjau, yaitu : Intensitas, lama waktu (duration), Tinggi hujan, frekwensi, dan Luas (geografis).

Curah hujan efektif menurut Culy (1979) adalah bagian dari curah hujan yang tersedia untuk mencukupi kebutuhan air bagi tanaman. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor :

- Jumlah dan intensitas hujan
- Kandungan air tanah dan kapasitas menahan air
- Laju penggunaan air
- Cara pengolahan tanah

Menurut Doorenbos dan Pruitt (1975), curah hujan efektif hanya sebagian dari curah hujan total. Beberapa bagian dari hujan dapat hilang melalui limpasan permukaan, perkolasi ke lapisan yang lebih dalam dari zona perakaran dan melalui evaporasi air cegatan (dari daun tanaman).

Selanjutnya Doorenbos dan Pruitt (1977) menyatakan bahwa tidak semua curah hujan adalah efektif, sebagian akan hilang dan hanya sebagian dari curah hujan dengan intensitas yang tinggi yang dapat masuk dan tersimpan dalam zona perakaran.

2.4. Evaporasi dan Evapotranspirasi

Pengertian istilah untuk membedakan evaporasi dan evapotranspirasi perlu diperhatikan. Evaporasi lebih menerangkan kehilangan air dari permukaan air pada tanah gundul dan air bebas. Pada daerah vegetasi air diuapkan permukaan tanaman, dan melalui jaringan tanaman dengan

proses fisiologi yang disebut transpirasi. Penguapan dari permukaan tanah, tanaman dan transpirasi dari tanaman terjadi bersama-sama dan sukar dipisahkan, yang menimbulkan istilah evapotranspirasi yang merupakan gabungan proses evaporasi tajuk dan tanah, dan transpirasi tanaman (Suharsono, 1989).

2.4.1. Evaporasi

Evaporasi merupakan suatu proses perubahan fase air atau es menjadi uap. Oleh Robertson (1955) dalam Suharsono (1989), evaporasi didefinisikan sebagai berikut :

"Evaporasi adalah suatu jumlah maksimum dari air yang berhasil diubah ke dalam fase uap air, berlangsung pada suatu permukaan rata, datar dan basah yang dapat dicapai secara bebas oleh seluruh faktor-faktor iklim".

Proses penguapan tersebut dikenal sebagai evaporasi laten yang merupakan laju evaporasi dari suatu permukaan basah, rata, horizontal serta :

- (a) menyerap seluruh energi radiasi surya dan langit, serta dapat meradiasikan kembali ke angkasa.
- (b) sepenuhnya bebas halangan terhadap pengaruh angin.
- (c) berhubungan dengan ruang atmosfer dimana tekanan uap-nya tidak terganggu oleh evaporasi dari air di dalam evaporimeter yang bersangkutan.

Evaporasi dipengaruhi langsung oleh sediaan bahang, perbedaan tekanan uap air, suhu air dan udara, simpanan

Pada keadaan tidak ada vegetasi, dan apabila tanah mendapat pengaruh radiasi dan angin, evaporasi dapat terjadi secara langsung dan seluruhnya dari tanah. Hal ini merupakan proses yang apabila tidak dapat terkontrol dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup besar dari daerah pertanian irigasi atau tanpa irigasi (Hillel, 1980).

2.4.2. Evapotranspirasi

Pada awalnya Thornthwaite (1948) menganggap bahwa kebasahan tanah (*soil moisture regime*) mempunyai pengaruh yang besar terhadap evapotranspirasi sehingga berkembanglah pengertian evaporasi potensial, yang didefinisikan dengan sejumlah penguapan air dimana tanah tidak pernah kekurangan air. Oleh karena itu diperlukan kadar air tanah yang selalu tinggi, atau paling tidak tanah selalu dalam keadaan kapasitas lapang.

Menurut Penman (1956) evapotranspirasi potensial adalah jumlah air yang diuapkan pada satu waktu oleh tumbuhan hijau yang pendek, tanah terlindungi sempurna oleh tanaman yang seragam tingginya dan tidak pernah kekurangan air. Selanjutnya Holdridge (1962), memodifikasi pendapat Penman tersebut sebagai jumlah air yang mampu diuapkan pada kondisi optimum dari kebasahan tanah dan vegetasi dalam suatu zona tanah dan zona iklim tertentu.

Evapotranspirasi merupakan gabungan proses transfer (pemindahan) air ke udara dari suatu campuran air, tanah

dan vegetasi yang dipengaruhi oleh bermacam-macam faktor lokal, seperti intensitas radiasi surya, suhu udara, titik embun, panjang hari (fotoperiod), kecepatan angin, jenis vegetasi, keadaan kelengasan tanah dan tipe hujan (Oliver dan Hidore, 1984).

Laju evaporasi atau evapotranspirasi di atas suatu area ditentukan oleh dua kendali utama yaitu ketersediaan lengas pada permukaan evaporasi dan kemampuan atmosfer untuk menguapkan dan memindahkan (transpirasi) uap air ke atas. Jika kelengasan selalu tersedia (tak terbatas) pada permukaan evaporasi, kemudian evaporasi dan evapotranspirasi akan terjadi pada laju maksimum yang memungkinkan pada lingkungannya dikenal dengan konsep evapotranspirasi potensial. Meskipun demikian kelengasan sulit untuk selalu tersedia dalam jumlah yang cukup pada permukaan evaporasi sehingga evaporasi dan evapotranspirasi sering terjadi pada laju di bawah evapotranspirasi potensial, yang ini dikenal sebagai evapotranspirasi aktual (Ayoade, 1983 dalam Suharsono, 1989).

Walaupun ada bermacam-macam pengertian mengenai evapotranspirasi potensial, namun mempunyai pengertian umum yang sama, yaitu evapotranspirasi potensial merupakan pendekatan hipotetik dari sejumlah air maksimum yang mampu diuapkan dari suatu permukaan ke lingkungan sekitarnya dan tanah tidak kekurangan air (Thorntwaite, 1948; Holdridge, 1962; Chunkao, 1971; Scarf, 1977).



2.5. Pengukuran Evaporasi dan Evapotranspirasi

2.5.1. Pengukuran Evaporasi

Evaporasi dapat diukur dengan mempergunakan atmometer (tipe Piche, Livingston dan Black Bellani) dan panci atau tanki evaporimeter (Panci klas A, panci Bureau of Plant Industry, tanki GGI-3000).

Menurut Ayoade (1983) dalam Suharsono (1989), evaporasi diukur dengan alat tanki evaporasi yang memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda-beda. Dapat juga diukur dengan menggunakan panci klas A yang merupakan standar WMO (*World Meteorological Organization*).

Alat tersebut merupakan panci putih bundar dengan diameter sekitar 1.2 meter dan tebalnya 25 centimeter, diisi dengan air jernih hingga 5 centimeter dari mulut panci dan diletakan pada posisi datar 30 centimeter di atas tanah. Jumlah air yang diuapkan dari panci merupakan nilai evaporasi dalam satuan milimeter.

2.5.2. Pengukuran Evapotranspirasi

Menurut Barry dan Chorley (1976), evapotranspirasi dari permukaan alami tak dapat diukur secara langsung, akan tetapi dengan metoda tak langsung dengan pendugaan yakni persamaan teoritis. Suatu perkiraan yang bersal dari pengukuran tidak langsung didasarkan atas persamaan neraca kelengasan (air) yaitu :

$$CH = RO + ET + KAT$$

dimana :

CH = Curah hujan (mm)

RO = Limpasan (runoff)

ET = Evapotranspirasi (mm)

KAT = Perubahan lengas tanah.

Hal yang mendasar dari metoda ini adalah mengukur perkolasi melalui blok tertutup dari tanah yang ditumbuhi (rumput) dan mencatat curah hujannya. Blok ini dinamakan lisimeter, ditimbang secara teratur sehingga perubahan berat yang tidak terhitung dari curah hujan dan runoff dapat diterangkan sebagai evapotranspirasi yang hilang, asalkan rumputnya dijaga pendek. Teknik ini menentukan jumlah evapotranspirasi harian.

Lisimeter yang digunakan untuk mengukur evapotranspirasi terdiri dari banyak jenis, diantaranya lisimeter timbang (lisimeter Davis), lisimeter apung (tanki GGI-500), dan lisimeter berdasarkan volumetrik (lisimeter drainase, lisimeter Thornthwaite).

2.6. Pendugaan Evaporasi dan Evapotranspirasi

Metoda untuk pendugaan evaporasi/evapotranspirasi suatu permukaan tanah secara umum dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu : a) metoda langsung dan b) metoda tak langsung. Metoda langsung untuk menetapkan neraca air

tanah, dapat digunakan lisimeter dan mencatat kandungan lengas tanah. Metoda tidak langsung, yaitu dengan mengikut sertakan faktor cuaca. Metoda tidak langsung membutuhkan pengukuran secara tepat tekanan udara, kecepatan angin, suhu udara dan lain lain sebagai data dasar.

Ayoade (1983) dalam Suharsono (1989) menyebutkan bahwa pendugaan evaporasi dan evapotranspirasi dibedakan menjadi dua kelompok. Yang pertama adalah pendekatan meteorologis yang pada umumnya digunakan untuk studi iklim mikro, memerlukan alat yang teliti serta waktu yang singkat. Pendekatan yang kedua yaitu pendekatan klimatologis yang didasarkan pada penggunaan data iklim yang lebih mudah tersedia untuk berbagai pendugaan evaporasi atau evapotranspirasi potensial. Untuk pendekatan klimatologis dapat digunakan berbagai macam persamaan pendugaan evapotranspirasi berdasarkan pada masukan (input) data dasarnya.

Persamaan evaporasi Penman digunakan secara luas dan umumnya dikenal paling baik. Nilai evapotranspirasi potensial diperoleh dengan menggunakan persamaan Penman yang dikalikan dengan hitungan nilai evaporasi dengan faktor reduksi (konversi) musiman dimana nilainya berkisar 0.6 - 0.8 dengan nilai rata-rata 0.75.



Rumus yang diformulasikan oleh Penman dalam Chang, (1968) merupakan gabungan dari metode aerodinamik dan neraca energi dengan rumus :

$$E_o = \frac{\Delta R_n + \tau E_a}{\Delta + \tau}$$

dimana :

E_o = evaporasi dari permukaan air terbuka (mm/hari)

Δ = kemiringan kurva antara tekanan uap air jenuh dengan suhu (de_a/dT) pada suhu udara tertentu T (mb/ $^{\circ}C$).

e_a = tekanan uap air jenuh pada suhu T dalam mmHg.

T = suhu dalam $^{\circ}K$.

$R_n = (1-r)Ra(0.18+0.55n/N)-\sigma T^4(0.56-0.0092\sqrt{e_d})(0.1+0.9n/N)$

R_n = radiasi neto yang dinyatakan dalam unit evaporasi.

r = koefisien pemantulan (untuk rata-rata tahunan : 0.05 untuk air terbuka, 0.1 untuk tanah gundul basah, dan 0.2 untuk vegetasi hijau)

R_a = nilai angot

n/N = nisbah antara lama penyinaran dengan panjang hari

σ = konstanta Stefan Boltzman

e_d = tekanan uap air jenuh (mmHg) pada suhu titik embun.

τ = konstanta psikrometer atau nisbah bahang spesifik udara terhadap bahang laten untuk penguapan air.

$E_a = 0.35(e_a - e_d)(1 + u_z/100),$

= komponen aerodinamik.

u_z = kecepatan angin (mile/hari) pada ketinggian 2 meter.

Persamaan yang ditemukan oleh Thornthwaite menghasilkan evapotranspirasi potensial pada daerah yang tertutup tanaman-tanaman rendah yang dihubungkan dengan fungsi suhu dan jumlah jam siang hari (*hour of day light*). Hal ini dianggap input yang agak kasar dalam faktor penyinaran matahari yang memiliki pengaruh langsung terhadap besarnya evapotranspirasi. Dalam hal data kelembaban, kecepatan angin, dan lainnya tidak dimasukkan (Soemarto, 1987).

Persamaan Thornthwaite yaitu :

$$ETP = 1.6 F (10 T/J)^a$$

dimana :

ETP = evapotranspirasi potensial (cm)

F = faktor panjang hari

T = suhu udara rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

J = indeks bahang tahunan = $\sum_{n=1}^{12} j$

j = indeks panas bulanan = $(T/5)^{1.514}$

a = $0.675 \times 10^{-6} \times J^3 - 0.77 \times 10^{-4} \times J^2 + 0.0179 \times J + 0.492$

Chang (1968) menyebutkan bahwa rumus Thornthwaite tersebut cocok untuk daerah temperate yang beriklim benua dimana hubungan antara radiasi dan suhu sangat erat. Untuk daerah-daerah lain banyak yang tidak sesuai, terutama disebabkan karena : suhu bukan indikator yang baik terhadap ketersediaan energi untuk evapotranspirasi, disamping itu suhu udara mengalami keterlambatan dibelakang

radiasi, sehingga menurut rumus tersebut bila suhu rata-rata dibawah 0°C evapotranspirasi tidak terjadi, selain hal-hal tersebut, rumus ini tidak mempertimbangkan faktor angin dan pengaruh adveksi udara panas atau dingin.

Pada penggunaannya ternyata rumus Thornthwaite lebih banyak dipakai karena hanya menggunakan data dasar suhu yang lebih sederhana dibandingkan rumus Penman yang banyak sekali menggunakan data-data iklim.

2.7. Neraca Air

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1978) dalam proses sirkulasi air, penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu disebut neraca air (*water balance*) sedangkan menurut Murdiyarso (1979) neraca air adalah keseimbangan antara input air berupa curah hujan dengan output berupa evapotranspirasi dan limpasan. Air hujan yang jatuh pada permukaan yang bervegetasi setelah dievaporasikan sisanya akan menjenuhkan tanah dan mengalir sebagai limpasan.

Hillel (1980) menyatakan bahwa neraca air hanya merupakan pernyataan mendetail dari hukum kekekalan massa yang secara sederhana menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi hanya dapat dirubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya atau dari suatu tempat ke tempat lainnya. Oleh karena kandungan air

dari sebuah profil dari volume tanah tertentu tidak dapat meningkat tanpa penambahan dari luar (melalui infiltrasi atau melalui kenaikan kapiler) dan tidak dapat menurun, kecuali ditransportasikan ke atmosfer melalui evapotranspirasi melalui drainase ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Frere dan Popov (1979) dalam Oldeman dan Frere (1982), mengemukakan bahwa neraca air adalah merupakan perbedaan antara presipitasi yang diterima oleh tanaman dan kehilangan air dari tanaman dan tanah melalui proses transpirasi dan evaporasi, yang sering dinyatakan sebagai evapotranspirasi potensial.

Menurut Nasir (1982) pengertian dan pembagian neraca air adalah sebagai berikut, neraca air merupakan perincian dari masukan (input) dan keluaran (output) air pada suatu permukaan bumi, dan ada tiga macam neraca air :

a. Neraca Air Umum (Tanpa Faktor Tanah)

Tanpa memperhatikan pengaruh faktor tanah serta perilaku air di dalam dan di atas permukaan tanah, maka neraca air dapat disusun dari dua unsur yaitu presipitasi sebagai masukan dan penguapan (evaporasi permukaan air maupun evapotranspirasi potensial) sebagai keluaran.

b. Neraca Air Lahan

Untuk suatu sistem lahan tanpa irigasi dan tertutup dari pengaruh air di luarnya, massa air yang masuk ke dalam lahan tersebut sama dengan massa air yang keluar

ditambah perubahan kandungan air di dalam sistem lahan tersebut.

c. Neraca Air Tanaman

Dengan cara yang sama seperti pada neraca air lahan, dapat disusun suatu neraca air tanaman. Unsur-unsur yang diperlukan antara lain :

- Curah hujan
- Penggunaan air konsumtif
- Nilai Kapasitas Lapang Tanah
- Nilai Titik Layu Permanen

Pada kesempatan sebelumnya Hillel (1972), mengemukakan istilah neraca air lahan yaitu suatu perincian tentang semua masukan (*gains*), keluaran (*looses*) dan perubahan simpanan air yang terdapat pada suatu lahan dalam lingkungan tertentu selama periode waktu tertentu.

2.7.1. Komponen Neraca Air

Mather (1978) mengemukakan bahwa ketika gerakan musiman dari curah hujan dibandingkan dengan gerakan kebutuhan air dalam suatu neraca air, akan didapatkan informasi pada beberapa dari hubungan air pada suatu tempat yaitu :

- a. memungkinkan untuk menduga evapotranspirasi aktual dari permukaan tanah dan tanaman, yang dalam suatu keadaan, berbeda dari kebutuhan air klimatik atau

evapotranspirasi potensial. Namun untuk mengukur evapotranspirasi aktual dirasakan sangat sulit.

- b. Perbedaan antara kehilangan air aktual dan potensial dinyatakan secara kuantitatif dari defisit kelengasan di suatu tempat yaitu jumlah air yang mengurangi kelengasan tersedia untuk memenuhi air klimatik. Defisit merupakan ukuran dari kebutuhan air untuk pertanian atau irigasi.
- c. Apabila curah hujan melebihi kebutuhan air, kelebihan kelengasan akan diinfiltrasikan tanah, sisa kelebihan air akan menjadi surplus air dan hilang dari tanah sebagai limpasan (*runoff*).
- d. Selama periode tersebut ketika kebutuhan air lebih besar dari curah hujan, kebutuhan air akan ditentukan oleh penggunaan simpanan kelengasan tanah.

Keempat faktor evapotranspirasi aktual, defisit, surplus dan simpanan air tanah diturunkan dari perhitungan neraca air.

Teknik neraca air merupakan salah satu teknik pendekatan dalam penentuan lengas tanah secara mikrometeorologi. Pendekatan ini mempunyai keuntungan seperti biaya yang lebih ringan, pengukurannya lebih sederhana dan ketepatan hasilnya cukup layak. Keuntungan lain pendekatan meteorologi adalah bahwa perhitungan berbagai komponen neraca air dapat memberikan kemungkinan untuk mempelajari perencanaan pengelolaan sumber air jangka panjang

mengingat pengukuran langsung melalui pengambilan contoh tanah dibatasi terutama oleh kegiatan sehari-hari (Chang, 1968).

Menurut Jackson (1977) dalam Suharsono (1989) studi neraca air dapat diterapkan sebagai berikut :

- a. Untuk melengkapi gambaran umum dari keadaan air di atas suatu daerah dalam hal presipitasi, evapotranspirasi aktual dan potensial, kandungan dan perubahan kelengasan tanah.
- b. Sebagian dari model untuk menyelidiki hubungan curah hujan dan *runoff* dengan suatu gambaran untuk menduga *runoff* dari data curah hujan.
- c. Untuk menilai kemampuan suatu daerah untuk ditanami tanaman melalui analisa *growing season*, kebutuhan air tanaman, dan jumlah maupun frekwensi di antara kemungkinan kebutuhan air irigasi dan lain-lain.
- d. Untuk menguji hubungan iklim dengan hasil tanaman.
- e. Untuk memperkirakan atau menilai dampak manusia terhadap lingkungan hidrologi.

Pada kenyataannya bahwa tidak dapat menentukannya yang basah maupun yang kering tanpa membandingkan suplai air iklim dengan keperluan air iklim, Thornthwaite mengembangkan neraca air iklim dengan menggunakan perhitungan sistem tata buku (*bookkeeping*) untuk tambahan suplai air atau kehilagan dalam harian maupun bulanan (Mather, 1974).

Bentuk tata buku untuk perhitungan neraca air mengandung 6 hal yaitu : presipitasi, evapotranspirasi potensial, evapotranspirasi aktual, simpanan kelengasan tanah, surplus dan defisit. Bisa ditambahkan irigasi bila diterapkan dalam sistem (Chang, 1968)

Sistem tata buku (*bookkeeping*) yaitu perhitungan yang menggunakan daftar perubahan setiap parameter atau peubah yang diukur yang terjadi dari waktu ke waktu. Perhitungan neraca air yang dilakukan dengan metode Thornthwaite dan Mather dengan menggunakan sistem tata buku memerlukan tabel-tabel konversi dan ditunjang pula dengan penelitian sifat fisik tanah, khususnya mengenai kemampuan dalam menahan air (Murdiyarso, 1979). Selanjutnya disebutkan bahwa perhitungan neraca air dengan metode Thornthwaite memerlukan informasi (Thornthwaite dan Mather, 1957) :

- a. Suhu rata-rata harian atau bulanan.
 - b. Curah hujan rata-rata harian atau bulanan.
 - c. Tabel konversi panjang hari dan indeks panas dan tabel perhitungan kadar air tanah yang tertahan pada tanah dengan kapasitas menahan air tanah tertentu.
 - d. Sifat fisik tanah yang berhubungan dengan kapasitas menahan air (*water holding capacity*) sampai pada kedalaman tertentu dimana neraca air diperhitungkan.
- Hal ini berkaitan dengan sistem perakaran vegetasi di atasnya.



Thorntwaite adalah orang pertama yang mengemukakan tentang evapotranspirasi potensial, dengan menentukan evapotranspirasi potensial berdasarkan panjang hari, karena panjang hari merupakan indeks efisiensi thermal atau indeks energi yang tersedia untuk evapotranspirasi dan pertumbuhan tanaman (Thorntwaite, 1948). Oleh karena itu bagi daerah yang mempunyai suhu yang berkorelasi erat dengan radiasi matahari, evapotranspirasi potensialnya merupakan fungsi suhu rata-rata dengan korelasi panjang hari disesuaikan dengan letak lintang tempat (Thorntwaite dan Mather, 1957).

Menurut Baharsyah dan Blantran de Rozari, (1989) biasanya di Indonesia membuat neraca air sesuai dengan yang pertama dibuat oleh Thorntwaite. Dalam kesempatan lain dikatakan juga bahwa cara ini tidak sesuai dengan keadaan di Indonesia sehingga ditemukan apa yang disebut klimatologi neraca air.

Selanjutnya dikatakan bahwa perbedaan neraca air Thorntwaite dan klimatologi neraca air terletak pada perhitungan masukan neraca air hujan, dan evapotranspirasi oleh tanaman. Selain itu klimatologi neraca air menggunakan tata buku, sehingga pada suatu saat bisa dihitung peluang untuk tercapainya suatu keadaan tertentu.

2.7.2 Ketersediaan Air Bagi Tanaman

Di daerah iklim tropik basah, ciri utamanya adalah jarang terjadinya cekaman suhu (stress) kecuali pada daerah pegunungan tinggi, dan curah hujan tinggi yang biasanya melebihi penguapan. Yang paling penting adalah nilai curah hujan yang tinggi bagi hasil tanaman yang juga tergantung pada sejumlah faktor lain, seperti ketersediaan air tanaman, sebaran kejadian hujan, penerimaan air dan simpanan yang ada di dalam tanah, dan sifat-sifat tanah lainnya (Williams dan Yoseph, 1973 dalam Pramudia, 1989).

Sumber utama air tersedia untuk tanaman adalah yang dipegang dalam volume tanah yang ditembus oleh akar. Air tersedia umumnya merupakan bagian yang dipegang tanah antara kapasitas lapang dan titik layu permanen (Chang, 1968).

2.7.3. Kapasitas Lapang

Kapasitas lapang merupakan jumlah air dalam tanah setelah air drainase berlalu dan laju pergerakan air ke bawah diperlambat. Keadaan tersebut pada umumnya terjadi 2 atau 3 hari setelah hujan atau pengairan dengan irigasi (Chang, 1968).

Nilai kapasitas lapang tergantung pada kondisi sifat fisik tanah, keseragaman kedalaman, kandungan bahan organik (Chang, 1968), karena itu tidak semua tanah memiliki gejala kapasitas lapang yang sama (Black, 1957).

2.7.4. Titik Layu Permanen

Titik layu permanen telah disepakati merupakan batas bawah ketersediaan air bagi tanaman. Batas ini bukan merupakan batas yang tetap, melainkan beragam dan tergantung pada spesies dan daya tahan tanamannya terhadap kekeringan, selain itu tergantung pula pada kondisi kehilangan air di atmosfer (Williams dan Yoseph, 1973). Jika kandungan air tanah sudah memasuki taraf ini, maka tanaman akan layu permanen, tidak akan segar kembali sekalipun dilakukan pemberian air pada daerah perakarannya (Kramer, 1969).

Kejadian dilapangan pada pengukuran besarnya titik layu permanen bervariasi antara 12 hingga 18 atmosfer. Sedangkan pengukuran di laboratorium untuk nilai titik layu permanen adalah 15 atmosfer, yang ditentukan dengan menggunakan selaput tekanan (Heining dalam Williams dan Yoseph, 1973).

2.7.5. Air Tersedia

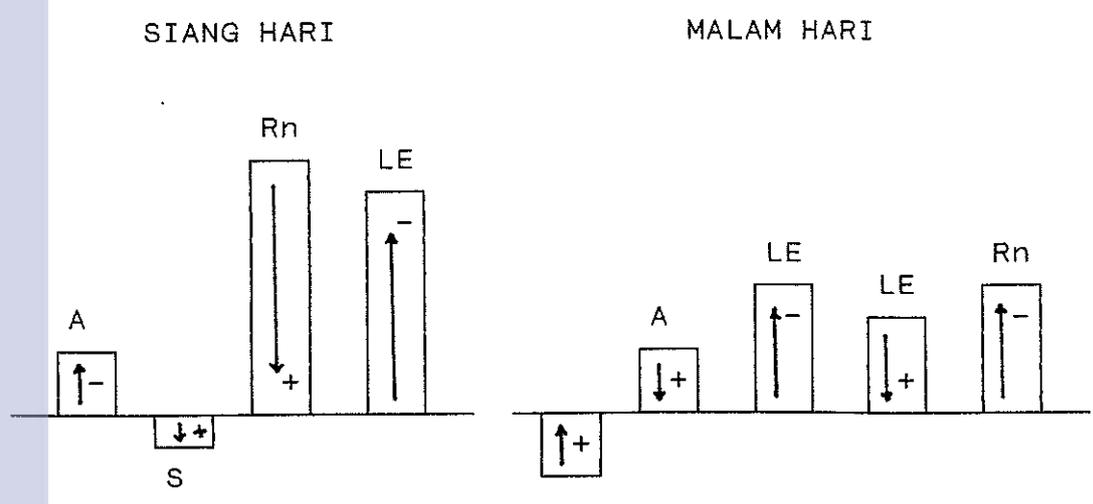
Air tersedia bagi tanaman sering ditandai dengan kisaran antara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Pada kisaran ini tanaman memungkinkan untuk menyerap air. Jika dijumlahkan pada seluruh lapisan tanah hingga kedalaman akar dinyatakan sebagai air total segera tersedia. Jumlahnya ditentukan oleh banyaknya air yang ditahan dalam profil tanah daerah perakaran tanaman (Soepardi, 1983).



2.8. Suhu Tanah

Baver, (1940 dalam Soepardi 1983) menyatakan bahwa suhu tanah di lapangan secara langsung atau tidak langsung tergantung pada tiga faktor : 1) jumlah panas yang diserap tanah ; 2) energi panas yang diperlukan untuk mengubah suhu tanah ; dan 3) energi yang diperlukan untuk evaporasi yang terus menerus berlangsung di permukaan tanah.

Proses penerimaan dan pelepasan serta jumlah yang ditahan oleh permukaan dapat digambarkan sebagai berikut:



- Keterangan :
- A = energi yang digunakan untuk memanaska udara
 - S = energi yang digunakan untuk memanaskan tanah
 - L = bahang laten
 - E = energi yang diuapkan
 - Rn = energi yang tertahan di permukaan dan digunakan untuk berbagai proses.

Gambar 1. Skema Neraca Bahang Pada Siang Hari dan Malam Hari (de Rozari, 1984).

Suhu tanah pada siang hari lebih besar dari pada malam hari, disebabkan karena tanah pada siang hari terus menerus menerima suplai panas dari matahari. Sebaliknya pada malam hari tanah melepaskan energi ke udara. Jumlah panas yang diterima sepanjang siang hari lebih besar dari pada jumlah panas yang dilepaskan di malam hari.

Selanjutnya dikatakan bahwa, jumlah panas yang diserap tanah terutama ditentukan oleh jumlah sinar matahari efektif yang dapat mencapai permukaan bumi, yang kemudian ditentukan oleh iklim setempat. Dari segi jumlah energi yang masuk ke dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti : warna, lereng, tanaman penutup dan kebasahan tanah.

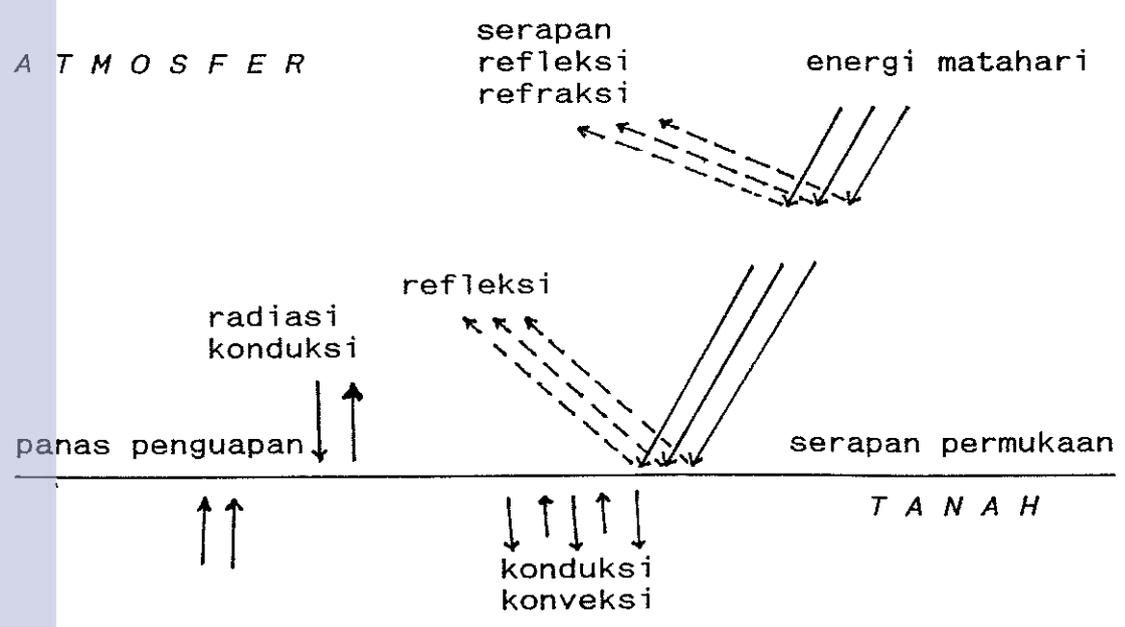
Tanah berwarna gelap akan menyerap energi lebih banyak dari pada tanah berwarna terang. Tanah merah atau kuning akan memeperlihatkan kenaikan suhu yang lebih cepat dari pada tanah yang berwarna putih.

Di samping itu dari pengamatan-pengamatan lapang menyatakan bahwa semakin tegak sudut tumpu sinar datang matahari maka makin besar serapan energinya. Pada lereng 20° arah Selatan tanah datar berlereng 20° arah Utara yang berada pada garis lintang 42° Utara pada Juni masing-masing menerima panas secara relatif 106, 100, 81 (Soepardi, 1983).

Adanya penutupan tanah oleh vegetasi, pengaruhnya nyata sekali terhadap jumlah panas yang diserap untuk menaikkan dan menurunkan suhu permukaan. Tanaman biasa,

rumpun dan hutan memberi efek yang terasa, terutama terhadap fluktuasi suhu. Pada tanah gundul keadaannya memanas lebih cepat dan mendingin lebih cepat dibandingkan tanah yang ditutupi tanaman.

Proses-proses penyerapan dan kehilangan panas oleh tanah melibatkan proses konduksi dan radiasi (Gambar 2.).



Gambar 2. Bagan Panas Yang diterima Oleh Tanah, Hilang Dari Tanah dan Bergerak Dalam Tanah (Soepardi, 1983).

Pada kondisi dilapangan, kadar air tanah merupakan suatu faktor penting yang menentukan jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan suhu tanah. Misalnya panas jenis tanah mineral kering, walaupun tekstur dan kadar bahan organiknya bervariasi kurang lebih sama dengan 0.20.

Tetapi bila kadar air tanah menjadi 20 persen maka panas jenis tanah basah menjadi 0.33, dan bila kelembaban tanah naik menjadi 30 persen maka panas jenis tanah basah menjadi 0.38 (Soepardi, 1983).

2.9. Evaporasi, Suhu Tanah, dan Kadar Air Tanah

Pemanasan tanah pada siang hari dan pendinginan pada malam hari berpengaruh terhadap suhu tanah. Fluktuasi suhu tanah tersebut baik pada siang maupun malam hari berpengaruh terhadap evaporasi tanah. Soepardi (1983) mengemukakan bahwa air tanah atau kebasahan tanah merupakan hal yang penting dalam menentukan berapa jumlah panas yang digunakan dalam proses pengiapan air tanah. Penguapan tersebut disebabkan oleh meningkatnya kegiatan molekul-molekul air, dan hal ini memerlukan energi yang mengakibatkan efek pendinginan, terutama pada permukaan dimana penguapan tersebut terjadi.

Sebagai perbandingan, untuk menguapkan 1 gram air pada 20°C diperlukan 585 kalori. Penguapan 0.452 gram air memerlukan 265 kalori. Bila panas tersebut diambil seluruhnya dari tanah dan air, maka tanah sedalam 30 cm menjadi dingin dan suhunya sama dengan -2°C . Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pendinginan karena terjadi penguapan, dan sebagian lagi karena panas jenis tanah yang tinggi.

Keragaman suhu pada lapisan yang lebih dalam lebih kecil dibandingkan dengan lapisan atasnya. Suhu lapisan atas mengikuti fluktuasi suhu udara. Dengan demikian akan terjadi keragaman/perbedaan fluktuasi antara lapisan kedalaman tanah. Soepardi (1983) menyebutkan bahwa, rata-rata lapisan kedalaman 15 cm teratas lebih panas dari suhu udara sepanjang tahun, sedangkan suhu yang lebih bawah lebih panas dalam musim dingin dan lebih dingin pada musim panas, yang disebabkan letaknya yang terlindung dan adanya proses konduksi yang lebih lambat. Perbedaan antara suhu udara dan suhu tanah kecuali lapisan teratas, terlihat pada kecepatan perubahannya.

Sehubungan dengan kebasahan permukaan, penguapan akan berkurang bila tanah mengering. Penguapan dari tanaman dimulai pada saat radiasi neto (R_n) positif dan berhenti jika R_n negatif. Proses keduanya dikendalikan stomata.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Albedo di Sekitar Ekuator

Jenis Penutupan	Albedo Rataan Harian	Keterangan
Air Terbuka	0.09	Di atas panci evaporasi dengan diameter 120 cm, dalam 30 cm.
Tanah Gundul	0.08	Kiyuku lempeng merah.
Rumput Pendek	0.21	Menutup sempurna pada cuaca kering.
Hutan Bambu	0.12	Kondisi penuaan.

Sumber : Rose, C.W. (1969).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di sekitar areal Stasiun Cikarawang Bogor yang terletak di ketinggian 240 m dpl, dan berada pada posisi $06^{\circ}30'$ LS, $106^{\circ}45'$ BT.

Waktu penelitian dilakukan bulan Nopember 1990 hingga Januari 1991 yang meliputi pengukuran, pengumpulan data primer dari unsur-unsur iklim dan tanah serta tanaman.

3.2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan bahan yang diperlukan meliputi data-data cuaca harian seperti : curah hujan, lama penyinaran, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin. Data-data cuaca tersebut sebagai data dasar pada pendugaan penguapan pada. Data lainnya yang merupakan hasil pengamatan adalah suhu tanah harian pada tiga lokasi (tanah terbuka/gundul, tanah tertutup rumput dan tanah yang ditanami jagung).

Peralatan yang digunakan adalah termometer maksimum tanah, bor, ring sampel untuk mengambil contoh tanah dan peralatan pengolah tanah seperti cangkul dan lain-lain.

Data curah hujan. Sebagai satu-satunya masukan air, data curah hujan dikumpulkan dalam bentuk data harian yang tercatat di Stasiun Klimatologi di Cikarawang dengan menggunakan fasilitas instrumentasi yang ada.

Data meteorologi. Untuk memperhitungkan keluaran berupa evapotranspirasi diperlukan data meteorologi berupa data harian suhu udara, kelembaban relatif, lama penyinaran, kecepatan angin termasuk dalam hal ini penguapan dari panci klas A sebagai perbandingan terhadap besarnya evaporasi dan evapotranspirasi dugaan.

Selain pengukuran kandungan air tanah, dilakukan juga pengukuran suhu tanah dengan menggunakan termometer tanah air raksa yang ditanam pada dua kedalaman yaitu, 5 cm dan 10 cm. Pengamatan dilakukan sebanyak tiga kali sehari (pagi, siang dan sore) bersamaan dengan pengukuran-pengukuran lainnya.

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Pengukuran Evapotranspirasi dan Kandungan Lengas Tanah

Pengukuran penguapan air bebas menggunakan panci-A yang terdapat di stasiun klimatologi untuk digunakan sebagai pembanding dengan nilai penguapan air bebas hasil perhitungan.

Pengambilan contoh tanah dilakukan pagi hari (\pm pukul 10.00) dan penimbangan dilakukan di Laboratorium Jurusan Fisika Tanah. Perhitungan kandungan lengas tanah (KAT dalam persen volume) dan konversi ke satuan tinggi muka air (milimeter) mengikuti rumus berikut :



$$\text{KAT (\% berat)} = \frac{\text{BB} - \text{BK}}{\text{BK}} \times 100 \%$$

dimana : BB = berat kering udara (gram)

BK = berat kering oven (gram)

$$\text{KAT (\% volume)} = \text{KAT (\% berat)} \times \text{BD (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{KAT (mm)} = \text{KAT (\% vol)} \times \text{Kedalaman (mm)}$$

dimana : KAT = kandungan air tanah

BD = berat jenis

3.3.2. Pendugaan Evaporasi, Evapotranspirasi dan Kandungan Lengah Tanah

Berdasarkan data klimatologi yang tersedia, maka evaporasi tanah terbuka/gundul dan evapotranspirasi tanah berumput diduga dengan metoda empiris menurut Penman yang dimodifikasi (dalam Frere 1982) menurut formula :

$$\text{ETP} = fp[w.R_n + (1-w).f(u).(e_s - e_a)]$$

dimana : w = faktor penyeimbang yang merupakan fungsi suhu dan ketinggian tempat

R_n = Radiasi netto, (R_{nS} - R_{nI})

f_u = fungsi kecepatan angin,

(e_s - e_a) = defisit tekanan uap jenuh,

f_p = faktor koreksi Penman, merupakan fungsi kecepatan angin, RH maksimum dan radiasi gelombang pendek (R_s),

ETP = Evapotranspirasi Potensial harian baku.

Formula tersebut terbentuk dari dua komponen utama yaitu : komponen radiasi dan komponen aerodinamik.

Komponen Radiasi

a. Radiasi Ekstra Terrestrial (R_a)

merupakan fungsi dari lintang dan waktumm/hari

$$R_a = (24/\pi) \cdot S \cdot (r_r)^2 \cdot (\sin\theta \cdot \sin\delta \cdot H + \cos\theta \cdot \cos\delta \cdot \sin H)$$

dimana : S = konstanta matahari

r_r = vektor radius

θ = lintang tempat

δ = deklinasi matahari

H = panjang setengah hari (radian atau derajat)

b. Panjang Hari Maksimum (N).....jam

Panjang hari maksimum diperoleh dari persamaan :

$$N = 2 \arccos(\cos H)$$

$$\cos H = -\tan\theta \cdot \tan\delta$$

c. Albedo (α)..... %

Albedo untuk masing-masing lokasi penelitian adalah

- tanah yang tertutupi rumput sempurna = 0.25
- tanah gundul (terbuka) rata-rata = 0.10
- tanah lahan jagung rata-rata = 0.23
- air bebas rata-rata = 0.05

d. Radiasi Gelombang Pendek (R_nS) mm/hari

$$R_nS = (1 - \alpha) \cdot (0.18 + 0.55 n/N) \cdot R_a$$

e. Radiasi Benda Hitam, $f(T)$ mm/hari

$$\begin{aligned} f(T) &= \sigma T^4 \\ &= (8.26 \times 10^{-11})(t + 273.15)^4 \end{aligned}$$

f. Radiasi Gelombang Panjang, R_nL mm/hari

$$R_nL = f(T) \times f(ea) \times f(n/N)$$

$$f(ea) = (0.56 - 0.079\sqrt{ea})$$



$$f(n/N) = (0.1 + 0.9n/N)$$

$$f(T) = \sigma T^4$$

g. Radiasi Neto, R_n (mm/hari) merupakan selisih dari besarnya radiasi neto gelombang pendek dikurangi radiasi neto gelombang panjang :

$$R_n = R_{ns} - R_{nL}$$

Komponen Aerodinamik

$$A = (1 - W) \times (e_s - e_a) \times f(U) \dots\dots\dots \text{mm/hari}$$

a. Tekanan Uap Jenuh, $e_s \dots\dots\dots$ mb

$$e_s = 10^{0.0264(t) + 0.82488}$$

t = suhu harian rata-rata

b. Tekanan Uap Aktual, $e_a \dots\dots\dots$ mb

$$e_a = e_s \times RH/100$$

RH = Kelembaban harian rata-rata

c. Defisit Tekanan Uap, $(e_s - e_a)$

d. Faktor Pembobot (W)

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \tau}$$

dimana : Δ = slop tekanan uap karena perubahan suhu

τ = tetapan psikrometri ($0.66 \text{ mb } ^\circ\text{C}^{-1}$)

f. Fungsi Kecepatan Angin, $f(U)$

$$f(U) = 0.26(0.1 + 0.15Uz) \dots\dots\dots \text{ untuk } E_{To}$$

$$f(U) = 0.26(0.5 + 0.15Uz) \dots\dots\dots \text{ untuk air bebas, } E_o$$

z = kecepatan angin ketinggian 2 meter (km/jam)

Evapotranspirasi aktual (ETA) adalah perkiraan evapotranspirasi berdasarkan kandungan air tanah yang ada.

Pada saat kadar air tanah tidak mencapai maksimum lagi ($CH < ETP$) besar ETA sama dengan $CH + \delta KAT$. Sedangkan pada saat kadar air tanah masih mencapai maksimum ($CH > ETP$), ETA yang terjadi sama dengan ETP.

Perhitungan kandungan lengas tanah harian mengikuti rumus:

$$KAT_i = [KAT_{i-1} \pm (CH_i - ETP_i)]$$

dimana : KAT_i = kandungan air tanah hari ini

KAT_{i-1} = kandungan air tanah kemarin

CH_i = curah hujan hari ini

ETP_i = evapotranspirasi potensial hari ini

Pendekatan Evapotranspirasi Tanaman.

- Penentuan ETP dilakukan dengan menggunakan nilai ETP dari hasil perhitungan.
- ETC (Evapotranspirasi tanaman) diperoleh dari perkalian ETP harian baku dengan koefisien tanaman (K_c), $ETC = ETP \times K_c$, (Doorenbos & Pruitt, 1977)

3.4.2. Neraca Air Harian

Prosedur perhitungan untuk variasi harian untuk neraca air harian pada kandungan kelengasan tanah hampir sama dengan neraca air bulanan. Bentuk perhitungan atau pencatatan kelengasan tanah, dapat dievaluasi dari data bulanan. Cara penetapan evapotranspirasi potensial adalah sama terhadap cara perhitungan neraca air bulanan.

Seperti pada kasus perhitungan bulanan, pada pembuatan neraca air harian, penetapannya terutama untuk

memperoleh selisih antara presipitasi dan ETP. Jika penguapan lebih besar dari presipitasi ($ETP > P$), maka nilainya akan negatif. Hal ini menandakan terjadinya kekeringan pada tanah. Proses ini berlaku sebaliknya.

Pada tanah yang kering, perubahan simpanan potensial dinyatakan oleh $P-PE$, sedangkan perubahan simpanan potensial berhubungan langsung dengan evapotranspirasi aktual, nilainya lebih kecil dari evapotranspirasi potensial.

Defisit kelengasan adalah selisih antara air yang hilang secara potensial ($P-PE$) dan perubahan aktual pada simpanan atau storage (*actual water loss*).

Surplus kelengasan yang terjadi sewaktu-waktu merupakan kelebihan dari curah hujan yang lebih besar dari nilai evaporasi/evapotranspirasi setelah simpanan lengas tanah melebihi *Water Holding Capacity* (WHC).

Jumlah simpanan air gravitasi dari air sebelumnya dan surplus kelengasan merupakan total air gravitasi tersedia pada suatu saat, hingga batas tertentu dan selanjutnya akan menjadi limpasan (*Run Off*) pada hari berikutnya.

Persentase air surplus yang hilang setiap hari tergantung pada jenis dan struktur tanah serta kedalaman lapisan tanahnya. Selama ini telah didapatkan hampir sepuluh persen untuk lapisan tanah lempung. Hal ini sesuai dengan jenis tanah lokasi penelitian.

Keseimbangan lengas tanah merupakan jumlah dari simpanan lengas tanah dan simpanan air gravitasi pada

para peneliti terdahulu untuk jenis tanah di lokasi yang sama (latosol dramaga), hasil tersebut tercantum pada tabel lampiran 6. Albedo tanah terbuka di lokasi pengamatan diperoleh dari pengamatan oleh peneliti sebelumnya pada jenis tanah yang sama di musim hujan tahun-tahun sebelumnya (tabel lampiran 5).

Selanjutnya dibuat perhitungan neraca air sistem tata buku Thornthwaite dari ketiga keadaan penutupan tanah sebagai gambaran adanya perbedaan atau perubahan komponen sistem. Secara skematik, bentuk neraca air harian sistem tata buku dapat di gambarkan sebagai berikut :

KOMPONEN NERACA AIR	Hari					ke
	1	2	3	4	5	
1. Curah Hujan...(mm)						
2. ETP / EP..... (mm)						
3. P - ETP..... (mm)						
4. KAT..... (mm)						
5. dKAT..... (mm)						
6. Defisit..... (mm)						
7. Surplus..... (mm)						
8. Air Gravitasi Tersedia..... (mm)						
9. Simpanan Air Gravitasi..... (mm)						
10. Keseimbangan Lengas Tanah (mm)						

3.6. Uji Statistik

Uji-t digunakan untuk menguji hipotesa $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak terjadi perbedaan) untuk penguapan hasil pendugaan dengan penguapan hasil pengukuran (panci-A) dan hasil pendugaan terhadap nilai tengah setiap lokasi yang dapat dilihat dari perbandingan besarnya nilai t_{hitung} terhadap nilai t_{tabel}

Uji statistik terhadap besarnya perbedaan hasil pendugaan dan hasil pengukuran kandungan air tanah, dilakukan dengan metoda uji nilai tengah yang sama dengan di atas dengan hipotesis $H_0 : \mu = 0$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keadaan Umum dan Sifat Fisik Tanah

Hasil analisa laboratorium terhadap beberapa sifat-sifat fisik contoh tanah utuh yang diambil dari lokasi penelitian memberikan hasil sesuai dengan yang tercatat pada tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Analisa Sifat Fisik Tanah

Lokasi	Kedalaman (cm)	Kadar Air Tanah (% vol)				Kerapatan (g/cm ³)	
		pF 1	pF 2	pF 2.54	pF 4.2	Isi	Partikel
Tanaman (Jagung)	0 - 10	65.71	62.81	60.07	35.40	1.20	57.72
	10 - 30	73.60	65.10	61.45	36.50	1.13	57.36
Tanah Berumput	0 - 10	70.98	64.77	58.46	37.73	1.29	51.32
	10 - 30	75.53	63.93	56.50	41.90	1.46	44.91
Tanah Gundul	0 - 10	74.67	64.40	59.91	35.15	1.26	52.45
	10 - 30	75.15	61.38	46.53	37.79	1.17	50.85

Tabel 2. Fraksi Komposisi Partikel Jenis Tanah Latosol Dramaga.

Kedalaman (cm)	Pasir		Debu (%)		Liat
	-----		-----		
20	14.04		19.84		66.12
30	15.04		17.84		66.12
40	20.04		13.84		66.12

Tekstur dan struktur jenis tanah di lokasi penelitian menurut hasil penelitian terdahulu pada lokasi yang sama diperoleh gambaran seperti pada tabel 1 dan 2. di atas.

Tanah Jenis Latosol Dramaga termasuk lempung berliat yang gembur dalam keadaan lembab, dan keras dalam keadaan kering. Konsistensinya termasuk lekat dan plastis.

Menurut Soepardi, (1983) secara umum tanah latosol mempunyai solum sedang sampai dalam (1.5 - 10 meter), perkembangan profilnya sudah sangat lanjut, berwarna coklat merah hingga kuning. Lapisan atas hingga bawah pada umumnya bertekstur lempung berliat hingga liat, strukturnya remah hingga gumpal lemah dan berkonsistensi gembur hingga teguh. Permeabilitasnya tinggi mudah meresapkan air dan daya menahan airnya cukup baik, serta kepekaan erosinya kecil. Kandungan bahan organik tanah ini rendah. Pada lapisan atas berkisar 3 - 10 persen, makin kebawah semakin rendah.

Besarnya nilai kapasitas lapang pada ketiga lokasi dari hasil analisa sifat fisik tanah pada pF 2.54, yaitu : untuk lahan jagung 60.1 mm, tanah berumput 58.5 mm dan tanah gundul 59.9 mm. Variasi nilai kapasitas lapang tersebut relatif kecil yang menandakan keseragaman di lapangan tidak mutlak. Secara umum kandungan lengas tanah harian hasil perhitungan memiliki kisaran disekitar nilai kapasitas lapangnya. Hal ini merupakan pengaruh dari hujan yang turun hampir setiap hari.

4.2. Penguapan

Perhitungan nilai penguapan pada neraca air harian dari masing-masing lokasi memperlihatkan keadaan yang berbeda antara ketiga lokasi tanah berumput, tanah gundul dan tanah lahan jagung baik kisaran nilai maupun fluktuasinya, disamping itu perbandingan antara hasil perhitungan untuk ketiga lokasi tersebut dengan penguapan hasil pengukuran panci-A memperlihatkan hasil yang berbeda.

Akan tetapi untuk penguapan pada tanah gundul perbedaan nilai rata-ratanya hampir mendekati nilai penguapan dari panci-A dan penguapan air bebas hasil perhitungan (Eo Penman). Hal ini merupakan kasus yang hanya terjadi pada keadaan tanah gundul tersebut basah (musim hujan), sesuai dengan yang dikemukakan Hillel, (1971) bahwa pada tanah gundul yang relatif selalu basah, penguapan yang terjadi hampir sama bahkan dapat melebihi penguapan yang terjadi pada permukaan air bebas, dan sebaliknya pada saat terjadi kekeringan, dimana kandungan lengas tanah pada lapisan permukaan akan jauh lebih kecil dari lapisan tanah di bawahnya sehingga suplai lengas dari lapisan yang berasal dari lapisan tanah yang lebih bawah terputus, dan tanah menjadi kering. Dengan demikian penguapan terhambat dan menurun besarnya.

Perbedaan penguapan hasil perhitungan antar lokasi tersebut sangat nyata terjadi pada lokasi tanah lahan

jagung jika dibandingkan dengan kedua lokasi lainnya. Sedangkan pada lokasi tanah berumput dan tanah gundul (terbuka) fluktuasi penguapan yang terjadi hampir sama, hanya terjadi perbedaan terhadap besarnya kisaran penguapan. Hal ini karena kondisi lahan jagung dibanding dengan tanah berumput atau tanah gundul keadaannya lebih dinamis, sejalan dengan terjadinya pertumbuhan tanaman jagung yang dalam hal ini ditentukan oleh besarnya nilai koefisien tanaman (k_c). Sesuai dengan keadaan dilapangan akibat pertumbuhan tersebut menimbulkan perubahan penutupan permukaan (penaungan) oleh daun, dan juga perubahan serapan akar dan daun pada proses transpirasi yang semakin lama semakin meningkat.

Pada lokasi tanah gundul maupun tanah tertutup rumput keadaan permukaan dapat dikatakan tetap (stabil) sehingga fluktuasi penguapan yang terjadi mengikuti perubahan cuaca harian, atau besarnya kenaikan maupun penurunan sebanding dengan besar energi penguapan yang diterima.

Keadaan yang sama terhadap penguapan terjadi juga pada kandungan air tanah hasil pendugaan neraca air harian, yang terlihat pada keadaan pola fluktuasi yang pada prinsipnya berlawanan keadaannya dengan pola penguapan.

Penguapan tanah berumput dengan tanah gundul relatif tidak terjadi perbedaan kecuali terhadap lebar kisaran nilainya.

Perbandingan terhadap perbedaan nilai rata-rata penguapan dari ketiga lokasi tersebut dapat dikemukakan sebagai berikut : Untuk penguapan tanah gundul lebih besar 0.5 mm dari pada tanah berumput terhadap nilai rata-rata masing-masing. Tanah yang ditanami jagung rata-ratanya lebih kecil 1.0 mm dari tanah gundul. Tanah berumput nilai rata-ratanya lebih tinggi selisih dengan tanah yang ditanami jagung sebesar 0.5 mm. Dan selisih yang antara penguapan rata-rata hasil perhitungan untuk tanah berumput dengan penguapan dari panci klas A sebesar 0.6 mm. Penguapan dari panci-A sendiri lebih kecil 0.21 mm dari pada penguapan air bebas hasil perhitungan dengan formula Penman (tabel 5).

Tabel 5. Kisaran dan Rataan Nilai Penguapan Potensial dan Penguapan Aktual Hasil Perhitungan dan Pengukuran.

LOKASI	Penguapan Potensial	Rataan	Penguapan Aktual	
			(mm)	
T. Gundul	5.2 - 1.7	3.4	5.1 - 0.7	3.1
T. Berumput	4.5 - 1.5	2.9	4.4 - 1.0	2.6
T. Jagung	3.4 - 1.2	2.3	3.4 - 0.6	2.2
Eo-Panci-A	6.3 - 1.2	3.5		
Eo-Penman	5.7 - 1.8	3.7		

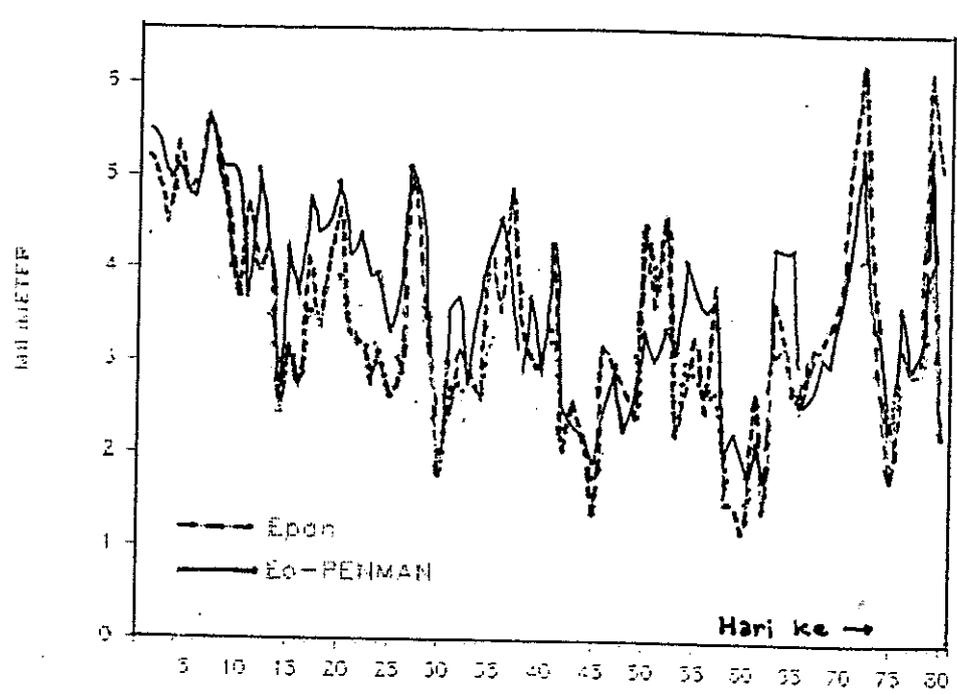
Hasil pengujian terhadap perhitungan nilai penguapan air bebas (E_o) Penman dan penguapan dari panci-A menunjukkan hasil yang tidak berbeda (tabel 6).

Tabel 6. Uji Nilai Tengah Terhadap Penguapan Air Bebas Hasil Perhitungan (E_o Penman) dan Hasil pengukuran (Panci-A) Dengan Hipotesis $H_o : \mu_1 = \mu_2$

$H_o : \mu_1 = \mu_2$	Nilai Tengah	Simpangan Baku	df	t_{hitung}	$t_{(\alpha = .05)}$	P-value
E-panci	3.510	1.14	157	-1.17	2.131	0.0099
E_o -Penman	3.710	1.06				

Fluktuasi penguapan harian hasil perhitungan ketiga lokasi secara umum memiliki pola yang sama dengan hasil pengukuran penguapan harian dari panci klas-A (Gambar 3.). Akan tetapi besarnya penguapan yang terjadi memiliki kisaran yang berbeda. Kecenderungan/trend dari gambar grafik memperlihatkan keadaan yang sama antara penguapan air bebas, dengan penguapan hasil pengukuran dari panci-A.

Dapat dijelaskan bahwa penguapan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh keadaan penyinaran matahari sebagai sumber energi. Energi radiasi yang sampai ke permukaan bumi digunakan untuk memanasi tubuh permukaan dan untuk proses penguapan (evaporasi dan evapotranspirasi).



Gambar 3. Grafik Fluktuasi Penguapan Air bebas Penman dan Penguapan Panci-A

Apabila faktor selain radiasi tidak berpengaruh, maka proses penguapan tersebut di batasi oleh kemampuan dan keadaan ketiga permukaan (tanah, vegetasi, tanah dan vegetasi) untuk menyerap energi radiasi tersebut. Sampai batas tertentu kelebihan energi yang diterima pada masing-masing lokasi digunakan untuk proses penguapan. Laju dan besarnya penguapan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh keadaan sifat-sifat fisik tanah dan keadaan penutupan terhadap permukaan oleh vegetasi.

Besar energi yang diserap oleh permukaan tanah gundul ternyata lebih besar daripada kedua permukaan lainnya yang tertutup tanaman, yang secara tidak langsung dapat terlihat dari hasil pengukuran suhu tanahnya.

Faktor lain yang cukup penting adalah besarnya nilai albedo permukaan, dimana pada tanah gundul besarnya

koefisien pantulan surya oleh permukaan (albedo) nilainya lebih kecil dari lokasi lainnya.

Semakin lama penyinaran oleh matahari yang diterima setiap permukaan tersebut, maka semakin besar pengaruhnya terhadap parameter lainnya seperti suhu udara dan suhu tanah pada setiap lokasi pengamatan. Secara terpisah ataupun bersamaan, perubahan dari faktor tersebut diperkirakan memberikan pengaruh terhadap besarnya penguapan yang terjadi.

Pada tanah berumput, pengaruh penaungan yang hampir menutupi secara sempurna permukaan tanah, penguapan yang terjadi setiap waktu dapat dikatakan stabil sebagaimana juga yang terjadi pada tanah gundul.

4.2.1. Perhitungan dan Analisa Neraca Air Tanah Harian

Hasil perhitungan neraca air harian (Tabel Lampiran 7, 8, dan 9) menghasilkan nilai-nilai kandungan air tanah, dalam hal ini kandungan air tanah aktual. Dari tiga keadaan penutupan tanah yang berbeda, kandungan air tanah aktual harian mengalami fluktuasi yang berbeda, selain itu juga besarnya kisaran ketiga lokasi tersebut berbeda (Gambar 5, 6 dan 7).

Fluktuasi kandungan air tanah tersebut secara umum ternyata mengalami dua proses yang berlainan, yaitu kondisi pada keadaan air tanah jenuh yang terjadi bila curah hujan lebih besar dari penguapan (EP dan ETP). Pada

kondisi ini kandungan air tanah mencapai maksimum yang besarnya sama dengan kemampuan tanah menahan air (WHC).

Keadaan lain yaitu pada saat kondisi di bawah jenuh, yang terjadi jika curah hujan sama dengan atau lebih kecil dari nilai penguapan yang terjadi. Pada kondisi ini kandungan air tanah aktual menurun secara eksponensial. Bila terjadi pada jangka waktu yang cukup lama. Hal ini terjadi pada perhitungan 10 hari terakhir, di mana curah hujan yang turun sangat kecil atau hampir tidak ada.

Besarnya kandungan air tanah aktual yang diperoleh dihitung dengan berdasarkan kandungan air tanah hari sebelumnya, yang mengikuti persamaan :

$$KAT_i = [KAT_{i-1} \pm (CH_i - ETP_i)]$$

dimana : KAT_i = kandungan air tanah hari ini

KAT_{i-1} = kandungan air tanah kemarin

CH_i = curah hujan hari ini

ETP_i = evapotranspirasi potensial hari ini

Pola fluktuasi kandungan air tanah berumput memiliki kesamaan dengan pola yang terjadi pada tanah gundul baik penurunan maupun kenaikan kadar airnya. Sedangkan besar penurunan dan kenaikan yang terjadi pada masing-masing lokasi tersebut memiliki kisaran yang berbeda, yang mencerminkan pengaruh yang nyata dengan adanya perbedaan

penutupan. Pola fluktuasi yang hampir sama pada tanah gundul maupun tanah berumput disebabkan keadaan permukaan yang stabil dan homogen. Sebaliknya pada lahan jagung, penguapan yang terjadi berbeda pola dan besar kisarnya.

Nilai rata-rata kandungan lengas tanah berumput lebih kecil dari tanah yang ditanami jagung dengan perbedaan sebesar 2.7 mm. Untuk tanah berumput besarnya selisih yang terjadi yaitu 0.3 mm lebih kecil dari tanah gundul, dan untuk tanah yang ditanami jagung nilai rata-ratanya lebih besar 2.4 mm dari rata-rata tanah gundul. Dari perbandingan tersebut perbedaan terbesar antara kandungan air tanah rumput dengan tanah gundul.

Pola fluktuasi tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan (umur) yang berkaitan dengan kemampuan penyerapan dan penguapan air tanah. Kisaran kandungan air tanah pada lokasi tanaman jagung lebih kecil dari kedua kisaran lokasi lainnya. Untuk perhitungan 10 hari terakhir pada saat relatif tidak ada hujan, penurunan kandungan air tanah yang terjadi sangat curam, kecuali untuk lokasi tanaman jagung tidak terlihat adanya kenaikan kandungan air tanah.

Pada saat $CH < \text{Penguapan}$, terjadi penurunan kandungan lengas tanah. Penurunan tersebut terus berlangsung selama beberapa hari ketika tidak ada hujan. Perbedaan besar penurunan KAT yang terjadi merupakan pengaruh perbedaan penutupan permukaan tanah. Keadaan sebaliknya yaitu

proses pengisian kembali lengas tanah terus berlangsung sesuai dengan besarnya selisih curah hujan yang turun dan penguapan yang terjadi pada hari itu. Pengisian berhenti pada saat kandungan lengas tanah mencapai maksimum yang besarnya lebih kurang sama dengan nilai kapasitas lapang tanah pada setiap lokasi. Kelebihan air di permukaan tanah yang tidak tertampung merupakan surplus dan kemudian hilang sebagai limpasan.

Kisaran fluktuasi kandungan lengas tanah terbesar berturut-turut terjadi pada lokasi tanah gundul (59.9 - 37.6 mm); tanah berumput (58.5 - 42.5 mm) dan tanah lahan jagung (60.1 - 48.8 mm), dari besarnya kisaran kandungan lengas tanah tersebut tercermin bahwa kemampuan menyimpan air yang berbeda-beda. Pada lahan tanah jagung dan tanah berumput, air lebih lambat diuapkan. Besar kisaran penguapan yang terjadi urutannya sama dengan urutan fluktuasi lengas tanah. Kisaran penguapan terbesar yaitu permukaan tanah gundul (5.2 - 1.7 mm); tanah berumput (4.5 - 1.5 mm) dan lahan jagung (3.38 - 1.2 mm).

Surplus air yang terjadi pada setiap lokasi mengalami perbedaan dalam frekuensi dan interval waktunya. Pada tanah gundul dan tanah berumput hari-hari surplus yang terjadi hampir sama waktu terjadinya, tetapi berbeda dalam hal besarnya surplus yang terjadi. Dari tabel neraca air diperoleh hasil rata-rata surplus tersebut untuk setiap

lokasi adalah : pada tanah gundul rata-rata sebesar 6.5 mm, tanah berumput sebesar 6.8 mm dan lahan jagung sebesar 7.2 mm. Sedangkan untuk lahan jagung baik frekuensi maupun interval surplus berbeda dengan lokasi lainnya. Begitu pula hari terjadi surplus, dimana pada lahan jagung surplus yang terjadi lebih banyak frekwensinya dibandingkan dengan tanah gundul dan tanah berumput. Sehingga pola surplus yang terjadi pada tanah berumput dan tanah gundul dapat dikatakan tidak begitu berbeda. Hal ini diduga karena adanya perbedaan terhadap kemampuan tanah menahan air maksimum (kapasitas lapang), dimana pada lahan jagung kapasitas lapangnya lebih tinggi dibanding dengan lainnya. Disamping itu juga karena adanya perbedaan dalam hal kemampuan menguapkan air tanah pada setiap lokasi.

4.2.2. Analisa Statistik Perhitungan dan Pengukuran

Hasil Pengujian secara statistik terhadap pengukuran dan perhitungan kandungan air tanah pada setiap lokasi tercantum pada tabel berikut :

Hipotesa yang digunakan pada pengujian di atas adalah $H_0 : \mu = 0$ menolak H_0 yang berarti tidak berbeda nyata antara hasil pengukuran dengan hasil pendugaan dari neraca air. Selanjutnya $H_1 : \mu \neq 0$, menerima H_1 yang berarti berbeda nyata antara hasil pengukuran dengan pendugaan.

Tabel 6. Uji nilai tengah terhadap suatu nilai tertentu (μ_0) untuk kandungan air tanah hasil pendugaan (neraca air harian) dan hasil pengukuran (gravimetri) dengan hipotesis $H_0 : \mu = 0$

$H_0 : \mu = 0$	Nilai Tengah	df	Simpangan Baku	t_{hitung}	P-value
Beda R = 0	7.444	8	4.645	4.81**	0.000
Beda G = 0	-6.200	8	1.996	-9.32**	0.000
Beda J = 0	2.889	8	6.743	1.29 ^{tn}	0.230

** = sangat berbeda nyata

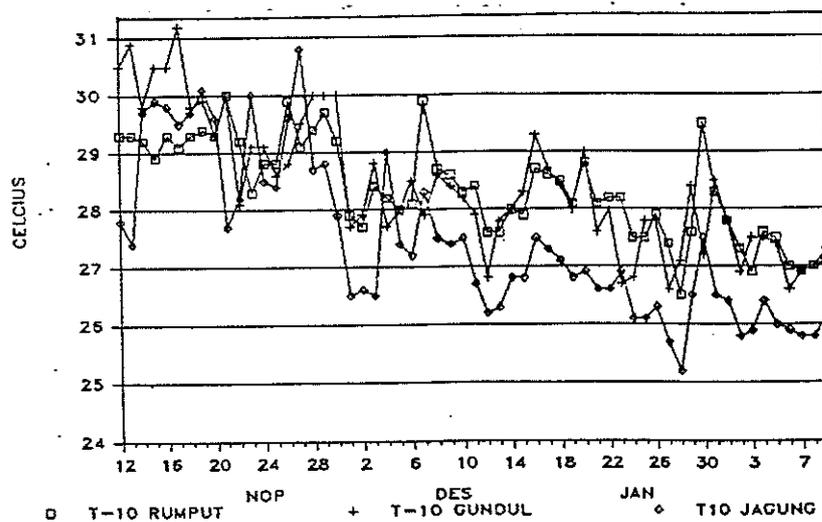
tn = tidak berbeda nyata

Kandungan lengas tanah pada lahan jagung menurut pengukuran dibandingkan dengan kandungan air tanah hasil perhitungan berdasarkan uji statistik tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 1%. Hal ini dapat dilihat dengan adanya $t_{hitung} < t_{tabel}$ untuk semua tingkat kepercayaan, yang berarti hipotesis H_0 diterima atau antara hasil pengukuran dengan hasil pendugaan tidak terdapat perbedaan yang nyata (tabel 6).

Adanya perbedaan pada setiap lokasi diperkirakan karena pada neraca harian kandungan air tanah sangat ditentukan oleh nilai awal dari data yang digunakan yang diperoleh dari pengukuran. Disamping itu juga pada pengukuran dengan gravimetri nilai kandungan air tanah yang diperoleh merupakan nilai yang terjadi (keadaan) pada saat

pengambilan contoh tanah dilakukan pagi hari (sekitar pukul 9-10 WST). Sedangkan untuk kandungan air tanah hasil neraca air harian, merupakan hasil pengaruh cuaca rata-rata pada hari tersebut selama 1 (satu) hari penuh. Oleh sebab itu kondisi perbedaan tersebut sangat terlihat pada saat terjadi kekeringan pada tanah yang disebabkan tidak ada hujan. Secara jelas dapat dilihat pada gambar grafik dimana terlihat kesenjangan menurut hasil pengukuran dan pendugaan terutama pada lokasi tanah gundul.

Pengaruh vegetasi yang tumbuh di atasnya (rumput dan jagung) menyebabkan penurunan atau berkurangnya suhu pada permukaan tanah dan suhu udara di atasnya.



Gambar 4. Grafik Keadaan Suhu Tanah Pada Tiga Penu-tupan Yang Berbeda Kedalaman 10 cm.

Pertumbuhan dan perkembangan tajuk tanaman jagung menyebabkan radiasi matahari yang ditransmisikan menurun, dan sebaliknya persentase tanah yang ternaungi tajuk

meningkat. Hal ini pernah diungkapkan oleh Sittaniapessy (1985) dalam penelitiannya yang berlokasi berdekatan dengan dengan lokasi penelitian yang dilakukan penulis, dan jumlah populasi tanaman jagung yang digunakan diantaranya ada yang sama yaitu 50 000 tanaman per hektar. Pengaruh pertumbuhan tajuk menurut waktu (minggu) terhadap transmisi radiasi surya (%) tersebut tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Transmisi Radiasi Surya (%) Tengah Hari Pada Tanaman Jagung (Sittaniapessy, 1985).

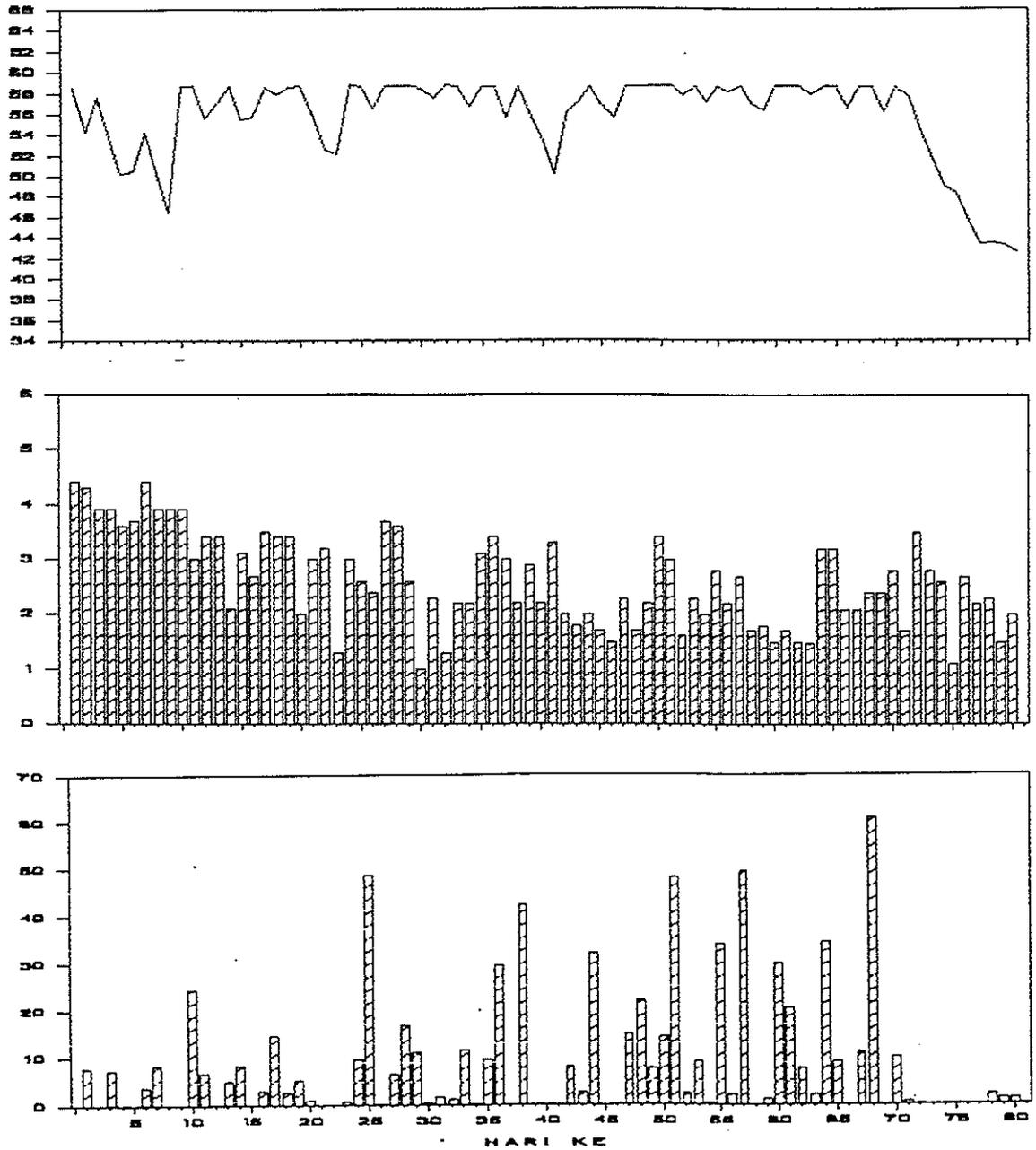
Minggu Ke	25 000 tnm/Ha	50 000 tnm/Ha
4	58.7	41.0
5	53.8	36.2
6	50.1	34.9
7	49.9	32.5
8	48.1	31.7
9	48.0	31.0
10	49.7	36.2

Terhadap parameter suhu tanah, selisih yang terjadi untuk kedalaman 5 cm yaitu : tanah rumput lebih besar dari tanah ditanami jagung dengan selisih 0.7 °C, antara tanah berumput dengan tanah gundul lebih besar tanah gundul sebesar 0.6 °C. Sedangkan antara tanah gundul dengan tanah ditanami jagung lebih besar tanah gundul dengan selisih sebesar 1.3 °C. Selisih terbesar terjadi antara

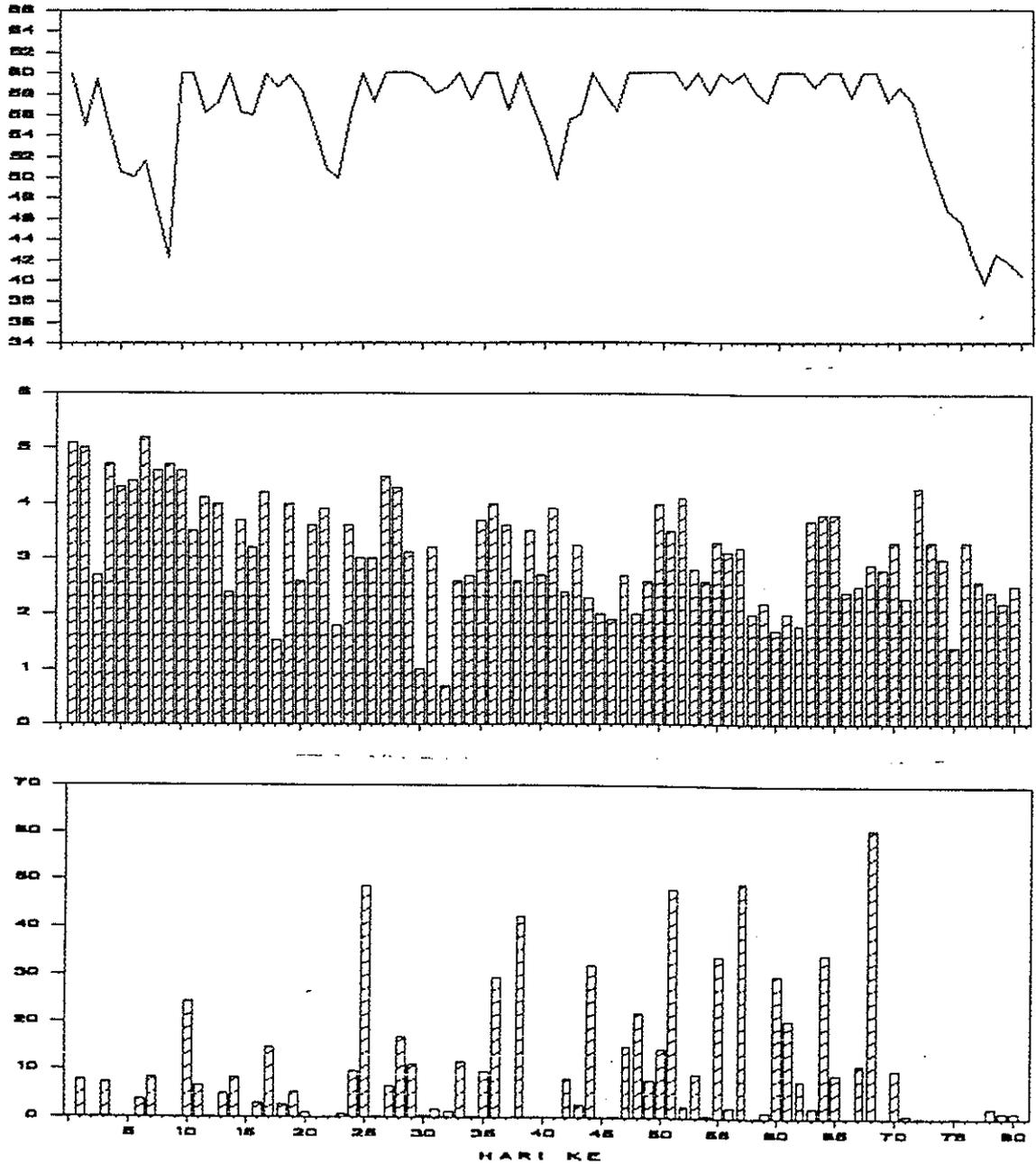
tanah gundul dengan tanah yang ditanami jagung. Hal ini berkaitan erat dengan struktur tanah yang berubah akibat adanya pengolahan. Pada kedalaman tanah 10 cm, selisih yang terjadi antara tanah berumput dengan tanah yang ditanami jagung sebesar $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, untuk tanah berumput dengan tanah gundul kecil sekali mendekati $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk tanah yang ditanami jagung dengan tanah gundul selisihnya sebesar $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Perbedaan terbesar sama seperti pada kedalaman 5 cm yaitu pada tanah gundul dengan tanah yang ditanami jagung, dengan nilai selisih yang lebih kecil. Hal ini karena tanah gundul sama sekali dan tidak ada hambatan terhadap penerimaan energi panas dari matahari disamping itu dalam hal penerimaan dan penerusan suhu (konduksi) ke setiap lapisan di bawahnya lebih bervariasi, semakin dalam semakin kecil, sesuai dengan yang dikemukakan oleh Soepardi (1983) bahwa tanah gundul pada lapisan yang lebih atas akan memiliki suhu yang lebih besar dari suhu pada lapisan di bawahnya.

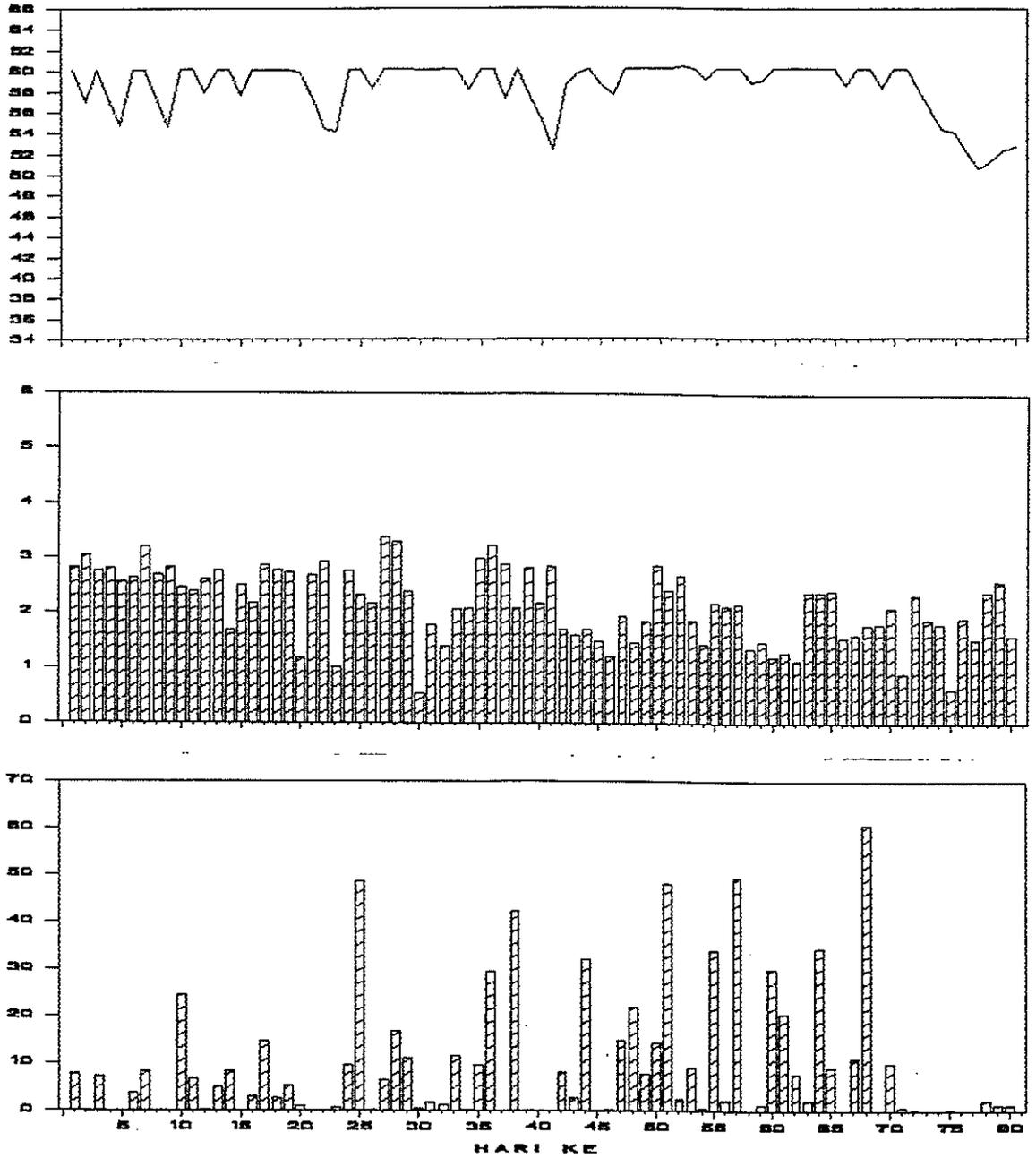
Pada keadaan tanaman masih pendek (berumur muda) dimana permukaan tanah relatif gundul terhadap penyinaran matahari, maka suhu tanah pada lokasi lahan jagung ini rata-rata berada diatas suhu tanah berumput dan berada dibawah suhu tanah gundul.



Gambar 5. Grafik Pola Kandungan Air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Berumput



Gambar 6. Grafik Pola Kandungan Air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Terbuka.



Gambar 7. Grafik Pola Kandungan Air Tanah, Penguapan dan Curah Hujan Pada Tanah Ditanami Jagung.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji statistik, pendugaan penguapan air bebas dengan menggunakan formula empirik Penman tidak berbeda nyata dengan nilai penguapan panci-A. Hal ini cukup baik untuk diterapkan pada perhitungan neraca air harian dengan sistem tata buku Thornthwaite. Untuk kasus musim hujan, hasil perhitungan kandungan lengas tanah pada lahan jagung tidak berbeda nyata dengan kandungan lengas tanah hasil pengukuran (gravimetri), sehingga penggunaan neraca air harian ini lebih sesuai untuk lahan jagung.

Penguapan pada setiap lokasi pengamatan terutama dipengaruhi oleh tingkat kebasahan tanah (kandungan lengas tanah), faktor cuaca (suhu dan lama penyinaran) dan sifat-fisik tanah itu sendiri.

Pengaruh adanya perbedaan penutupan tanah menimbulkan perbedaan besarnya energi yang diterima oleh permukaan tanah tersebut. Perbedaan tersebut dipengaruhi juga oleh jenis tumbuhan yang berada di atasnya. Perbedaan terhadap lamanya menerima energi pada penutupan tanah yang berbeda menimbulkan perbedaan besarnya suhu tanah, terutama pada lapisan paling atas.

Secara umum, pengaruh faktor klimatik (iklim/cuaca) terhadap terjadinya penguapan permukaan tanah secara jelas pengaruhnya terlihat pada permukaan yang seragam (stabil)



dibandingkan dengan penguapan yang berasal dari permukaan yang sedang mengalami proses dinamis dngan adanya pertumbuhan tanaman, dalam hal ini tanaman jagung.

Kemampuan tanah menahan air, pada tanah yang terbuka atau tertutup sempurna oleh rumput lebih cenderung stabil apabila dibandingkan tanah lahan jagung. Pengaruh pertumbuhan tanaman, termasuk juga pertumbuhan akarnya dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah air yang dapat ditahan.

Perbandingan surplus yang terjadi pada setiap lokasi pengamatan memperoleh hasil bahwa pada tanah yang ditanami tanaman jagung, frekwensi surplus yang terjadi lebih besar dari pada dua lokasi lainnya.

5.2. Saran

Agar dapat lebih meyakinkan lagi terhadap metoda pendugaan evaporasi dari tanah terbuka perlu diadakan pengukuran langsung misalnya dengan menggunakan lisimeter.

DAFTAR PUSTAKA

Baharsjah, Y. dan M. B, de Rozari. 1989. Pemanfaatan Prakiraan Iklim Untuk Penentuan Waktu Tanam Tembakau Besuki. Proc. Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri 25 - 27 Juli. Caringin. Bogor.

Barry, 1969. Evaporation and Transpiration in Chorley, R. S. (ed), 1969. Water, Eart and Man. Metaman. London. 588 pp.

Black, C. A. 1957. Soil Palnt Relationship. John Willey and Sons, Inc. New York.

Chang, Jen-Hu. 1968. Climate and Agriculture, An Ecologycal Survey. Aldine Publ. Company. Chicago. 304 p.

Chow, V. T. 1964. Hand Book of Applied Hydrology. Mc Graw Hill Book. Co. Inc. New York.

Chunkao, K. 1971. An Analysys of Evapotranspiration of Dry Evergreen Forest at Sakaerat Thailand. Kasetsart University. Bull : 16.

Culy, D. S. 1979. Climate and Hidrology. Transmigration Planning Annual, Vol.5. UNDP/FAO Project INS/72/005.

Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1975. Guidlines for Predicting Crop Water Recuirments. FAO Irrigation and Drainage Papper. Rome. 179 p.

Fuadi, F. 1985. Hubungan Albedo Dengan Kadar Air Tanah. Thesis Sarjana. FMIPA-IPB. Bogor. (Tidak Dipublikasikan).

Gritchfield, H. J. 1979. General Climatology 3th ed. Printice Hall of India Private Ltd. New Delhi.

Hillel, D. 1971. Soil and Water. Academic Press. New York. London.

_____. 1972. The Field Water Ballanced and Water Use Efficiency In : D. Hillel (ed.) Optimizing the Soil Physical Environtmen Toward Greater Crop Yield. Academic Press. New York. pp. 79-110.

- Kramer, P. J. 1973. Plant and Soil Water Relationship, A Modern Synthesis. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- Mather, J. R. 1974. Climatology, Fundamental and Applications. Mc. Graw Hill Book Co. New York. 412 p.
- Murdiyarso, D. 1979. Perhitungan dan Model Neraca Air Daerah Aliran Sungai Hulu. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor. (Tidak Dipublikasikan).
- Muwardi, M. I. 1980. Analisa Curah Hujan Kerapatan Penakar Hujan dan Neraca air Untuk Daerah Datar dan Berbukit Di Daerah Banten dan Sekitarnya. Thesis Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor. (Tidak Dipublikasikan).
- Nasir, A. A. 1982. Pengantar Hidrometeorologi. (Diktat Kuliah). Jurusan Agrometeorologi IPB. Bogor.
- Oldeman, L. R. and M. Frere. 1982. A Study of The Agrometeorologi of The Humid Tropics of The Southeast Asia. FAO/UNESCO/MO Intragency Project on Agrometeorology Food and Agriculture Organization of he United Nations. Rome.
- Penman, H. L. 1956. Evaporation and Introductory Survey. Netherlend Journal Science.
- Robertson, G. W. 1955. The Standarization of Measurement of Evapotranspiration as Climatic Factor. WMO Technical Notes. No 11. Geneva.
- Sittaniapessy, P.M. 1985. Pengaruh Jarak Tanam Dan Besarnya Populasi Tanaman Terhadap Absorpsi Radiasi Surya dan Produksi Jagung. Thesis Pasca Sarjana IPB. Bogor. (tidak Dipublikasikan).
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah IPB. Bogor.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1978. Hidrologi Pengairan. P.T. Pradnya Paramita. Jakarta. 226 hal.
- Soemarto, C. D. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya.
- Suharsono, H. 1989. Evaporasi dan Neraca Air di Pulau Jawa. Thesis Fakultas Pasca Sarjana. IPB. (Tidak dipublikasikan).

Sutoyo dan Rahardjo. 1989. Pengukuran Evaporasi Secara Langsung Menggunakan Mikro Lisimeter Dengan Perlakuan Mulsa Jerami Padi. Prosiding Perhimp.

Thorntwaite, C. W. 1948. An Approach Toward A Rational Classification of Climate. *Geography Review* 38: 55-94.

_____, and J. R. Mather. 1957. Introduction and Tables for Computing Potensial Evapotranspiration and Water Ballance. Publ. in *Climatologi*. Drexel Institute of Technology, lab of Climatology.

Tadjang, M. H. L. 1980. Penelitian Curah Hujan Efektif dan Neraca Air Tanah Untuk Pertanian Tanah Kering Pada Dua Lokasi di Sulawesi Selatan. Thesis Pasca Sarjana IPB. Bogor. (Tidak Dipublikasikan).

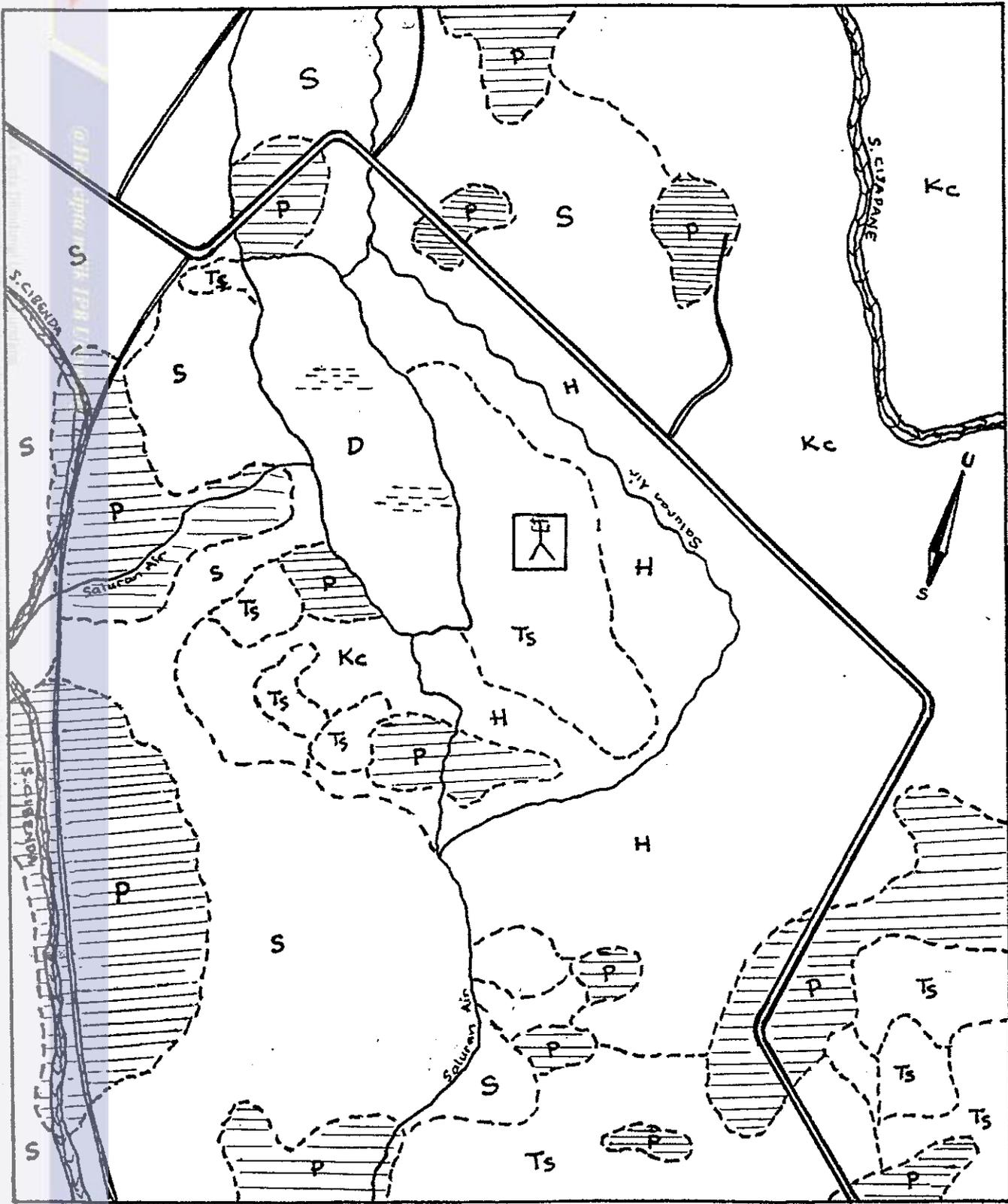
Williams, C. N. dan K. T. Yoseph. 1973. *Climat, Soil and Crop Production in Humid Tropic*. Revised Ed. Oxford University Press. Kuala Lumpur. 169 pp.

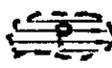


Hak Cipta Plintoraqi Umami-uridang

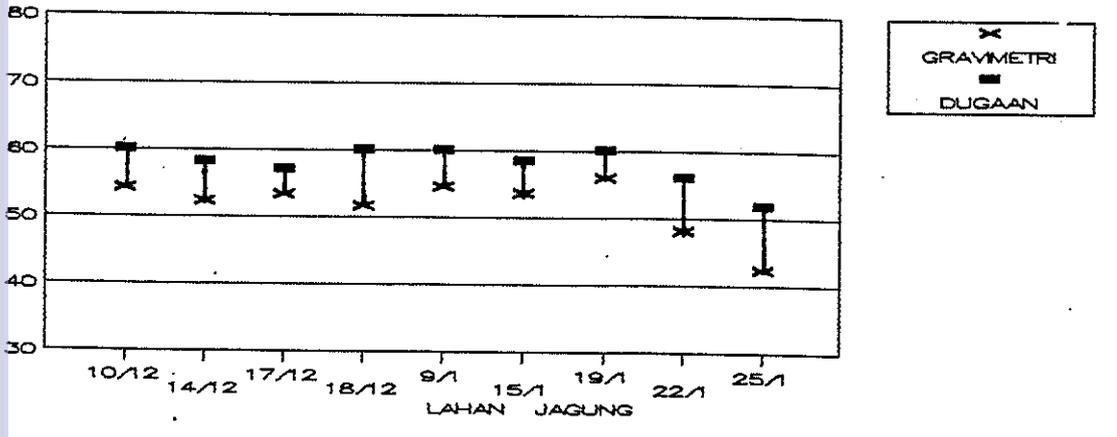
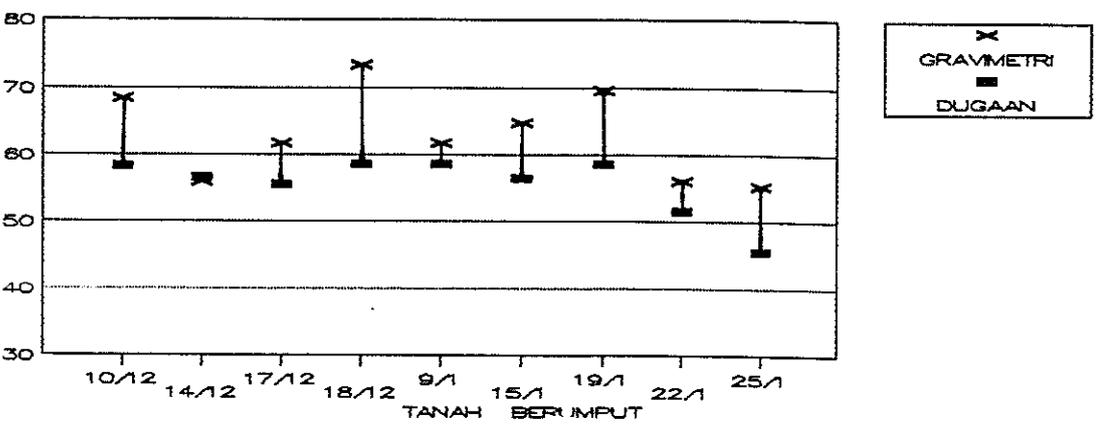
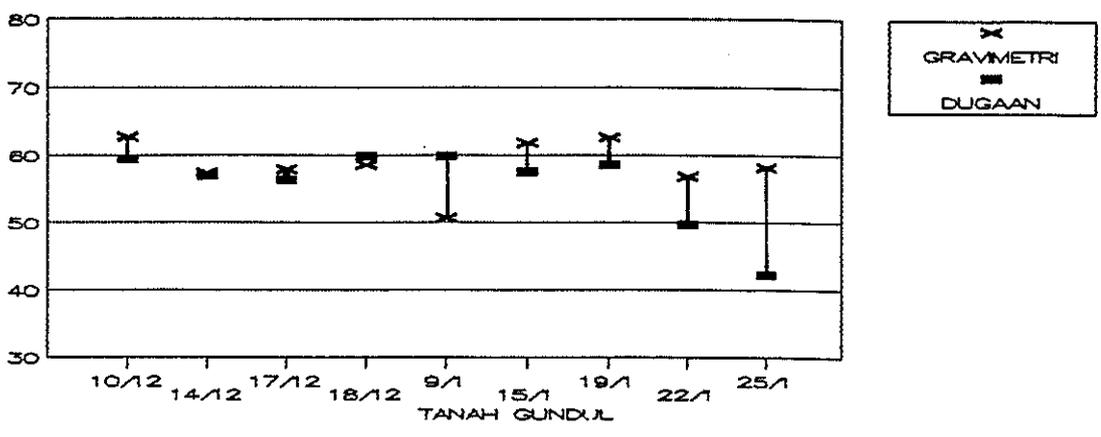
1. Diambil sebagai bagian atau seluruh karya seni, sastra, atau ilmu pengetahuan dan pengetahuan umum
2. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
3. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
4. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
5. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
6. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
7. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
8. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
9. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain
10. Diperoleh dengan cara apapun, termasuk dengan cara digital, elektronik, mekanis, atau dengan cara lain

LAMPIRAN – LAMPIRAN



- Keterangan:**
-  = Stasiun Cikarawang
 -  = Jalan
 -  = Pemukiman
 -  = Tanaman Sekunder
 -  = Danau
 -  = Kebun Campuran
 -  = Sawah
 -  = Hutan

Lampiran 1. Keadaan Lingkungan Fisik Di Sekitar Stasiun Klas I Cikarawang.



Lampiran 2. Kandungan lengas tanah pada ketiga lokasi menurut pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan

Tabel Lampiran 3. Kadar Air Tanah dan Albedo Jenis Tanah Latosol Dramaga (Fidel, 1982).

	J a m									Rataan Harian	
	08	09	10	11	12	13	14	15	16		
K A T (%)	-	30.8	46.7	42.3	38.3	37.8	36.5	43.2	41.9		
Albedo (%)	8.8	7.8	8.7	9.1	8.8	9.2	8.0	8.7	7.4	8.5	
										Rataan Albedo Bulanan	9.4

Lampiran 4. Pengukuran Kadar Air Tanah Grafimetrik (% volume) Terhadap Tiga Lokasi.

Tanggal/ Bulan	Kedalaman (cm)	L o k a s i		
		Kb. Jagung	Tnh. Berumput	Tnh. Gundul
10/12	10	34.26	68.32	62.72
	30	59.68	68.56	61.87
14/12	10	52.36	55.87	57.37
	30	86.00	64.53	62.96
17/12	10	53.39	61.67	57.91
	30	51.18	64.94	63.22
18/12	10	51.76	82.17	58.50
	30	24.39	64.42	66.17
9/1	10	54.60	61.66	50.65
	30	68.59	68.47	69.73
15/1	10	53.65	64.71	61.80
	30	64.48	68.69	69.65
19/1	10	55.99	77.54	62.61
	30	63.09	62.37	65.64
22/1	10	48.11	55.97	56.86
	30	41.63	62.04	63.34
25/1	10	42.36	55.24	58.10
	30	64.27	59.23	60.78
29/1	10	48.43	57.48	58.56
	30	64.04	68.56	64.60

Halaman 70 dari 70 halaman

1. Diambil sebagai bagian dari penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen sebagai syarat kelulusan.

2. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

3. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

4. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

5. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

6. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

7. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

8. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

9. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

10. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang telah disediakan oleh dosen pembimbing.

Lampiran 5. Data Suhu Tanah Tiga Lokasi Pengamatan

TANGGAL	TNH. BERUMPUT		TNH. GUNDUL		LAHAN JAGUNG	
	5 CM	10 CM	5 CM	10 CM	5 CM	10 CM
12/11	29.4	29.3	31.6	30.5	29.0	27.8
13	29.2	29.3	30.9	30.9	28.4	27.4
14	29.3	29.2	29.6	29.8	29.9	29.7
15	29.3	28.9	32.2	30.5	30.4	29.9
16	29.4	29.3	32.1	30.5	30.5	29.8
17	29.5	29.1	31.2	31.2	30.0	29.5
18	29.5	29.3	29.8	29.8	30.2	29.7
19	29.6	29.4	31.0	29.9	31.5	30.1
20	29.7	29.3	30.0	29.3	29.4	29.6
21	29.2	30.0	28.6	30.0	27.9	27.7
22	28.9	29.2	28.6	28.1	28.2	28.2
23	28.2	28.3	29.1	29.1	28.3	30.0
24	28.8	28.8	29.0	29.1	28.8	28.5
25	28.6	28.8	28.7	28.6	28.2	28.4
26	29.0	28.8	29.9	29.3	28.8	28.6
27	29.0	29.2	29.1	29.2	29.5	29.6
28	29.6	29.4	30.8	30.0	29.2	28.7
29	30.3	29.7	30.9	30.0	29.6	28.8
30	29.4	29.2	29.7	30.0	28.8	27.9
1/12	27.3	27.9	28.1	27.7	26.9	26.5
2	27.6	27.7	28.3	27.9	26.9	26.6
3	28.4	28.4	29.0	28.8	28.3	26.5
4	28.3	28.2	27.8	27.7	28.6	29.0
5	27.9	28.0	28.6	28.0	27.3	27.4
6	28.2	28.1	29.2	28.5	27.4	27.2
7	29.0	28.8	29.9	29.3	27.9	27.5
8	28.5	28.7	28.6	28.6	27.5	27.5
9	28.4	28.6	28.4	28.4	27.2	27.4
10	28.3	28.3	28.2	28.2	27.2	27.5
11	28.2	28.4	27.9	27.9	26.7	26.7
12	26.3	27.6	26.8	26.8	25.6	26.2
13	27.6	27.6	28.4	27.8	26.4	26.3
14	27.5	28.0	28.7	28.0	26.2	26.8
15	27.7	27.9	29.4	28.3	26.4	26.8
16	28.8	28.7	29.8	29.3	27.5	27.5
17	28.6	28.6	29.3	28.7	27.3	27.3
18	28.1	28.5	28.9	28.4	26.7	27.1
19	28.1	28.1	28.6	28.0	26.7	26.8
20	28.2	28.8	28.4	29.0	26.3	26.9
21	27.7	28.1	27.6	27.6	26.5	26.6
22	28.1	28.2	28.3	28.0	26.7	26.6
23	28.0	28.1	28.2	27.9	26.7	26.6
24	26.9	27.5	26.2	26.8	24.7	26.1

(bersambung)

