

5/67M/1992/028

**KAJIAN NERACA AIR PERTANAMAN TEBU
PT PERKEBUNAN XXIV-XXV (PERSERO)
PG ASEMBAGUS - SITUBONDO
JAWA TIMUR**

Ric

Oleh
VICTORIANUS PURWOHANDOKO AGUS
G.23.0163



**PROGRAM STUDI AGROMETEOROLOGI
JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
1992**

RINGKASAN

Victorianus Purwohandoko Agus (G.23.0163). Kajian Neraca Air Pertanaman Tebu PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) PG Asembagus Situbondo Jawa Timur dengan bimbingan Dr. Ir. Hidayat Pawitan dan Dr. Ir. Manuel Blantran de Rozari.

Tujuan penelitian ini ialah menentukan periode-periode kelebihan (surplus) dan kekurangan (defisit) air dengan prosedur perhitungan neraca air untuk menentukan besar kebutuhan air dan menentukan saat pemberian air irigasi pertanaman tebu serta mempelajari pengaruh unsur-unsur cuaca terhadap laju evapotranspirasi potensial. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengukuran parameter-parameter cuaca dan tanah serta dilakukan pendugaan-pendugaan dengan prosedur-prosedur perhitungan. Pengamatan parameter-parameter cuaca dan pengamatan tensiometer 4 Mei - 20 Agustus 1991 dilakukan pada pukul 07.00, 13.00 dan 17.00 WIB kecuali untuk pengamatan net radiometer dilakukan dengan selang 15 menit dari pukul 07.00 sampai 17.00 WIB. Sedang analisis kadar lengas tanah dilakukan dengan metode gravimetrik dengan pengambilan contoh tanah pada tanggal 10 Mei, 1 Juli dan 20 Agustus 1991. Sebagai pembanding hasil perhitungan evapotranspirasi potensial Penman dimodifikasi dilakukan pengukuran dengan evapometer panci kelas A. Sedang perhitungan neraca air dengan menggunakan metode tatabuku. Untuk pendugaan kajian neraca air dipertimbangkan untuk luasan

kebun sekitar 7 hektar yang terletak di persil F1 dengan nomor satuan peta 14.

Berdasarkan letak geografinya ($7^{\circ}39'44''$ LS dan $114^{\circ}12'1''$ BT), ketinggian 0 - 100 m dpl dan kondisi iklimnya serta didukung dengan data hasil penelitian 4 Mei - 20 Agustus 1991 (kondisi cuaca 4 Mei - 20 Agustus 1991 adalah jumlah curah hujan 5 mm, jumlah hari hujan 1 hari, suhu udara memiliki kisaran $24,5 - 30,3^{\circ}\text{C}$, kelembaban relatif udara antara 61 - 88%, kecepatan angin berkisar $120,8 - 389,3 \text{ km hari}^{-1}$ atau $5,0 - 16,2 \text{ km jam}^{-1}$ dan kisaran lama penyinaran surya harian 3 - 5 jam) kondisi cuaca lokasi penelitian telah memenuhi syarat tumbuh tebu kecuali jumlah dan distribusi curah hujan sebagai kendala utama ketersediaan air tanah bagi tanaman. Di tinjau dari analisis regresi berganda empat; suhu udara, kecepatan angin kelembaban relatif udara dan lama penyinaran surya berkorelasi sangat nyata terhadap laju evapotranspirasi potensialnya ($r^2=77\%$) untuk kondisi ketersediaan air tanah tidak terbatas. Secara nyata, kecepatan angin dan kelembaban relatif udara berkorelasi dominan terhadap laju ETP-nya ($r^2=69\%$).

Di lokasi penelitian, potensial air tanahnya tinggi mencapai 800 mbar dan kadar lengas tanahnya rendah mencapai 5 mm untuk kedalaman perakaran 0 - 15 cm, 7 mm untuk kedalaman 15 - 30 cm dan 6 mm untuk kedalaman 30 - 45 cm.



Dari analisa neraca air dan sifat fisik tanahnya adalah tekstur tanah 79% pasir; 13% debu dan 8% liat serta WHC 98 mm/45 cm dari kapasitas lapang 190 mm/45 cm dan titik layu permanen 92 mm/45 cm; ketersediaan air tanah lokasi penelitian mengalami penurunan yang cepat tanpa adanya penambahan air baik dari air hujan maupun irigasi pada tanggal 4 Mei - 20 Agustus 1991 (gradiennya masing-masing untuk KATp dan KATc adalah $-5 \cdot \exp[-0,04 \cdot X]$ mm hari⁻¹ dan $-3 \cdot \exp[-0,03 \cdot X]$ mm hari⁻¹, di mana X = hari). Selama periode tersebut, laju evapotranspirasi aktualnya mengalami penurunan terhadap waktu (gradien penurunan ETA-nya masing-masing untuk ETAp dan ETPc adalah $-0,2 \cdot \exp[-0,04 \cdot X]$ mm hari⁻¹ dan $-0,1 \cdot \exp[-0,04 \cdot X]$ mm hari⁻¹ di mana X = hari). Oleh karena itu, status penggunaan air tersedia oleh tebu dalam jumlah yang semakin rendah mencapai 0 mm pada tanggal 20 Agustus 1991.

Dari pertimbangan pengurangan air tersedia 50% WHC dan analisa neraca air, kebun tebu PG Asembagus memiliki selang waktu pemberian air sekitar 14 - 16 hari. Besar air yang diberikan ditentukan oleh fase pertumbuhan dan cuaca. Dari pengaruh sifat fisik tanahnya dalam kajian neraca air, kebun tebu memiliki tingkat kebutuhan air yang besar, yaitu 500 m³ ha⁻¹ atau sekitar 3 mm hari⁻¹.

**KAJIAN NERACA AIR PERTANAMAN TEBU
PT PERKEBUNAN XXIV-XXV (PERSERO)
PG ASEMBAGUS - SITUBONDO
JAWA TIMUR**

Oleh :

**VICTORIANUS PURWOHANDOKO AGUS
G.23.0163**

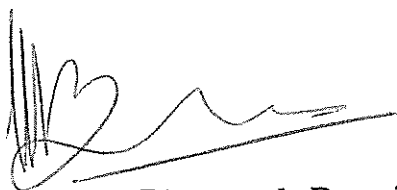
**Laporan Masalah Khusus
Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Program Studi Agrometeorologi**


**JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
1992**


J u d u l

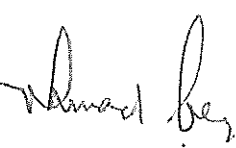
: KAJIAN NERACA AIR PERTANAMAN TEBU
PT PERKEBUNAN XXIV - XXV (PERSERO)
PG ASEMBAGUS SITUBONDO JAWA TIMUR
Nama Mahasiswa : VICTORIANUS PURWOHANDOKO AGUS
Nomor Pokok : G.23.0163

Menyetujui,


Dr. Ir. Manuel Blatran de Rozari
Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Hidayat Pawitan
Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Manuel Blatran de Rozari
Koordinator Masalah Khusus


Dr. Ir. Ahmad Bey
Ketua Jurusan

Tanggal Kelulusan : 29 MAY 1992



RIWAYAT HIDUP

Penulis di lahirkan di Probolinggo Jawa Timur pada tanggal 23 Maret 1967 sebagai putra pertama dari 5 bersaudara dengan orang tua Ir. Ignatius Soedarjanto dan Agnes Maria Nunuk Sri Juniati.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan pada tahun 1980 dari SD Katolik Fransiskus Xaverius Situbondo. Sekolah Menengah Pertama selesai pada tahun 1983 dari SMP Katolik St. Eliyas Situbondo. Pada tahun 1986, penulis lulus dari Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Probolinggo.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor melalui Penelusuran Minat Dan Kemampuan (PMDK) tahun 1986 dan setahun kemudian diterima sebagai mahasiswa Agrometeorologi Jurusan Geofisika Dan Meteorologi IPB. Tahun ajaran 1988/1989, penulis membantu praktikum Instrumentasi Cuaca untuk mata kuliah Mikroklimatologi, asisten pada mata kuliah Termodinamika Atmosfer dan asisten tidak tetap untuk mata kuliah Dasar-dasar Komputer pada tahun ajaran 1989/1990. Selain itu sering membantu penelitian-penelitian mahasiswa Agrometeorologi tingkat akhir.

Selama menjadi mahasiswa Institut Pertanian Bogor, penulis menjadi anggota dan berperan aktif dalam kegiatan-kegiatan di Himpunan Profesi Geofisika dan Meteorologi (HIMAGRETO) dan di Senat Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam-IPB (SM FMIPA-IPB).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis selama kegiatan Masalah Khusus ini hingga selesainya tulisan ini.

Keberhasilan penulis dalam penelitian ini tidak terlepas dari bantuan serta dorongan berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Dr. Ir. Hidayat Pawitan dan Dr. Ir. Manuel Blantran de Rozari yang berkenan membimbing penulis selama kegiatan penelitian hingga selesainya penulisan karya ilmiah ini.
2. Direktur Utama PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) di Surabaya, yang telah memberikan izin kepada penulis melakukan kegiatan Masalah Khusus di PG Asembagus.
3. Administratur PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) PG Asembagus yang telah memberikan izin serta fasilitas yang diperlukan selama kegiatan Masalah Khusus.
4. Ir. E. Moertiastono dan Christ HS (Alm) yang telah banyak membantu penulis selama penelitian.
5. Ir. OMJ Fachrudin selaku Kepala Balai Penelitian Tembakau Dan Tanaman Serat (BALITTAS) Kebun Percobaan Asembagus.



6. Ir. Kusumawati selaku Kepala Kantor Urusan Percobaan PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) Jatiroto.
7. Ir. Moh. Effendy dan Nursiwan yang telah memberikan kemudahan dalam penggunaan instrumentasi cuaca dan tanah
8. Ir. Baidori Mobien MS. di Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia Pasuruan dan Sahabatku Ir. Aris Pramudia di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor atas saran dalam penelitian ini.
9. Rekan-rekanku Masto, Santanu, Indra, Tohir, Damin, Matrawi, Nawito, Ridha Iriana dan Joko Isworo.
10. Saudaraku Benecditus Alesius Sentot Aris Purnomo yang telah menyertai dan menemani penulis dalam pengamatan di lapang selama penelitian.
11. Rekan-rekan Program Studi Agrometeorologi atas kritik dan sarannya.
12. Teramat khusus buat Vita Vera yang telah banyak membantu dalam pengolahan data dan sarana komputasi dalam mendukung penulisan karya ilmiah ini.

Tiada gading yang tak retak maka dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan saran-saran dari semua pihak. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca yang membutuhkan informasi dalam tulisan ini.

Bogor, Mei 1992

Victorianus Purwohandoko Agus

DAFTAR ISI

	Hal.
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kebutuhan Air Tanaman Tebu	4
2.2 Pendugaan Evapotranspirasi Potensial	6
2.3 Komponen-komponen Persamaan Evapotranspirasi Penman Dimodifikasi	11
2.4 Laju Evapotranspirasi Tanaman Tebu	17
2.5 Potensial Air Tanah	17
2.6 Neraca Air	19
III. BAHAN DAN METODE	22
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	22
3.2 Bahan Dan Alat	22
3.3 Metode Penelitian	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Keadaan Umum Perkebunan PG Asembagus	29
4.2 Kondisi Fisik Lokasi Penelitian	38
4.3 Evapotranspirasi Potensial	41
4.4 Hubungan Unsur Cuaca Dengan Evapotranspirasi	44
4.5 Potensial Air Tanah	49
4.6 Neraca Air	51
4.6.1 Ketersediaan air tanah	53
4.6.2 Kebutuhan air	56
4.6.3 Defisit	58
4.6.4 Surplus	59
4.6.5 Pemberian Air	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN	62
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

	Hal.
1. Variasi nilai koefisien tanaman (k_{Ctebu}) terhadap fase pertumbuhan tanaman tebu	5
2. Nilai koefisien tanaman (k_{Ctebu}) terhadap umur tanaman tebu	6
3. Koefisien panci kelas A pada tingkat kelembaban relatif udara, kecepatan angin selama 24 jam dan terhadap penutupan permukaan yang berbeda	8
4. Faktor koreksi kecepatan angin terhadap ketinggian 2 meter untuk data pengamatan kecepatan angin selain pada ketinggian 2 meter	15
5. Faktor koreksi yang dikemukakan untuk persamaan Penman yang sudah dimodifikasi	16
6. Prosedur perhitungan evapotranspirasi Penman dimodifikasi	26
7. Prosedur perhitungan neraca air harian	28
8. Persamaan regresi hubungan cuaca dengan ETP1 dan nilai koefisien determinasi (r^2)	44

DAFTAR LAMPIRAN TABEL

1. Sifat fisik tanah areal PG Asembagus	79
2. Analisis dan perhitungan hasil pengamatan pada tensiometer dan kadar lengas tanah stasiun cuaca	80
3. Analisis dan perhitungan hasil pengamatan pada tensiometer dan kadar lengas tanah areal tebu	81
4. Hasil perhitungan pendugaan evapotranspirasi dimodifikasi Penman dan perhitungan neraca air harian di PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) PG Asembagus	82

Hal. 1000
1. Mengingat pentingnya penelitian ini, maka perlu dilakukan penelitian yang mendalam dan menyeluruh mengenai hal-hal tersebut di atas.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi masyarakat luas.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi masyarakat luas.

5.	Data persyaratan pertumbuhan tanaman tebu	83
6.	Data pengamatan curah hujan (mm)	84
7.	Data pengamatan kecepatan angin (km per satuan waktu)	85
8.	Data pengamatan suhu bola basah (Tbb), suhu bola kering (Tbk), suhu minimum (Tmin) dan maksimum (Tmak)	86
9.	Data pendugaan kelembaban relatif udara	87
10.	Data curah hujan (mm) dan hari hujan (hari) di Asembagus untuk Data 33 tahunan (1958-1990) .	88
11.	Data rata-rata bulanan parameter cuaca di Asembagus selama 13 tahun terakhir (1978-1990)	89
12.	Data meteorologi di Asembagus 1978-1990	90
13.	Hasil analisis regresi hubungan parameter cuaca terhadap ETP	92
14.	Hasil analisis regresi hubungan KAT terhadap waktu	99
15.	Hasil analisis regresi hubungan ETA terhadap waktu	100

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
1. Posisi pemasangan tensiometer di lapang	25
2. Stasiun klimatologi Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Kebun Percobaan Asembagus ..	30
3. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan curah hujan dan hari hujan (tahun 1958-1990)	31
4. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) suhu udara maksimum, minimum dan rata-rata harian	32
5. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) kelembaban relatif udara pagi, siang, sore dan harian	33
6. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) lama penyinaran surya	34
7. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) kecepatan angin	35
8. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) evaporasi	36
9. Peta lokasi penelitian di mana letak kebun tebu dan instrumentasi cuaca berada	39
10. Stasiun meteorologi pertanian areal penelitian	40
11. Varietas tebu produktif yang ditanam dan dibudidayakan oleh PG Asembagus	41
12. Grafik hubungan antara evapotranspirasi pengukuran langsung ETP2p (X1) dan ETP2k (X2) dengan evapotranspirasi potensial Penman dimodifikasi (ETP1=Y)	42
13. Perkembangan ETP1, ETP2p dan ETP2k terhadap perkembangan waktu	43
14. Perkembangan radiasi neto hasil pengukuran dan hasil perhitungan terhadap perkembangan waktu .	48

15.	Grafik hubungan potensial air tanah (mbar) dengan kadar lengas tanah dalam tinggi kolom air (mm)	49
16.	Perkembangan potensial air tanah hasil pengukuran pada kedalaman 15 cm, 30 cm dan 45 cm di kebun tebu terhadap perkembangan waktu	51
17.	Pola perkembangan neraca air lahan harian kebun tebu PG Asembagus terhadap perkembangan waktu .	52
18.	Pola perkembangan neraca air tanaman harian kebun tebu PG Asembagus terhadap perkembangan waktu .	53
19.	Perkembangan ketersediaan air tanah (KAT) dari hasil perhitungan neraca air lahan harian dan hasil pengukuran tensiometer di kebun tebu PG Asembagus terhadap waktu	56
20.	Perkembangan laju evapotranspirasi aktual hasil perhitungan dan pengukuran tensiometer terhadap perkembangan waktu	58
21.	Tanaman tebu yang mengalami kekeringan akibat kekurangan air yang berkepanjangan	59

DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN

1.	Peta tanah semi detail areal PG Asembagus Kabupaten Situbondo (dengan pengecilan 50%) ...	72
2.	Peta Kesuburan areal PG Asembagus Kabupaten Situbondo (dengan pengecilan 50%)	73
3.	Grafik perkembangan kecepatan angin (km/hari) terhadap perkembangan waktu	74
4.	Grafik perkembangan kecepatan angin siang hari dan kecepatan malam hari terhadap waktu	64
5.	Grafik perkembangan kelembaban relatif udara (%) terhadap perkembangan waktu	75
6.	Grafik perkembangan suhu udara bola kering, suhu udara bola basah dan kelembaban relatif udara pukul 07.00 WIB terhadap perkembangan waktu	75

7.	Grafik perkembangan suhu udara bola kering, suhu udara bola basah dan kelembaban relatif udara pukul 13.00 WIB terhadap perkembangan waktu	76
8.	Grafik perkembangan suhu udara bola kering, suhu udara bola basah dan kelembaban relatif udara pukul 17.00 WIB terhadap perkembangan waktu	76
9.	Grafik perkembangan suhu udara maksimum, suhu udara minimum dan suhu udara rata-rata terhadap perkembangan waktu	77
10.	Perkembangan radiasi neto terhadap perkembangan waktu	77
11.	Perkembangan evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi potensial tanaman (ETPc) terhadap perkembangan waktu	78

Waktu Kerja Praktikum: 100 menit
 1. Tujuan: Mengetahui perkembangan suhu udara bola kering, suhu udara bola basah, kelembaban relatif udara, radiasi neto, evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi potensial tanaman (ETPc) terhadap perkembangan waktu.
 2. Manfaat: Mengetahui perkembangan suhu udara bola kering, suhu udara bola basah, kelembaban relatif udara, radiasi neto, evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi potensial tanaman (ETPc) terhadap perkembangan waktu.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu faktor yang melandasi keberhasilan dalam produksi tebu adalah pengaturan terhadap kebutuhan air bagi tanaman. Keadaan kekurangan air atau kelebihan air akan berpengaruh buruk terhadap hasil produksi suatu komoditi tanaman sehingga perlu dilakukan pendugaan terhadap ketersediaan air bagi tanaman selama pertumbuhan untuk menjamin keberhasilan pertanian.

Untuk tebu yang dikembangkan di daerah kering, air sering menjadi faktor pembatas dan curah hujan merupakan sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan air pertanian. Usaha untuk mengupayakan alternatif pendugaan terhadap ketersediaan air selama pertumbuhan tebu merupakan suatu langkah yang bijaksana untuk meningkatkan hasil produksi gula.

Unsur cuaca merupakan salah satu komponen ekosistem alam sehingga baik kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan tidak dapat terlepas dari pengaruh atmosfer dengan proses-prosesnya. Selain curah hujan, unsur cuaca yang berpengaruh terhadap ketersediaan air tanaman di daerah kering adalah suhu udara, kelembaban relatif udara, kecepatan angin dan lama penyinaran surya. Pengaruhnya terhadap laju penguapan ke atmosfer (evaporasi dan transpirasi).

Laju penguapan tersebut dikenal sebagai laju evapotranspirasi karena laju evapotranspirasi ini merupakan pemindahan air dalam bentuk uap air dari areal bervegetasi melalui proses evaporasi dan transpirasi.

Neraca air merupakan metode yang menghubungkan dua unsur cuaca (curah hujan dan evapotranspirasi) untuk menentukan ketersediaan air dengan mempertimbangkan kondisi kelebihan air (surplus) dan kekurangan air (defisit). Hal ini penting untuk memperkirakan tataguna lahan yang baik, khususnya dipandang dari ketersediaan air sehingga dapat ditentukan jadwal pemberian air untuk menghindari pengaruh kurang baik bagi tebu.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Menentukan periode-periode kelebihan (surplus) dan kekurangan (defisit) air dengan prosedur perhitungan neraca air untuk menentukan besar kebutuhan air dan menentukan saat pemberian air irigasi pertanaman tebu.
2. Mempelajari hubungan unsur-unsur cuaca terhadap laju evapotranspirasi potensial (hasil perhitungan dengan persamaan evapotranspirasi Penman dimodifikasi).

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan pemecahan masalah ketersediaan air dengan perhitungan neraca air dan usaha-usaha konservasi serta perencanaan pengelolaan air yang efektif di PT Perkebunan XXIV-XXV (Persero) Pabrik Gula Asembagus dalam usaha meningkatkan hasil produksi gula Indonesia. Harapan selanjutnya dapat bermanfaat bagi studi perbandingan dalam kaitannya dengan masalah pendugaan kebutuhan air tanaman untuk semua jenis komoditi selain tebu.

Untuk keperluan pribadi, manfaat penelitian ini adalah suatu pengalaman yang berharga dalam pengembangan diri untuk membantu kelancaran pembangunan, khususnya di bidang pertanian dengan pemanfaatan data pengukuran cuaca dan tanah terhadap usaha peningkatan hasil pertanian di negara sendiri.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebutuhan Air Tanaman Tebu

Proses hidup tebu baik secara langsung maupun tidak langsung dipengaruhi oleh air. Peranan air terhadap pertumbuhan dan produksi tebu, antara lain terhadap proses pertumbuhan bibit, pembentukan anakan/tunas, pertumbuhan sistem perakaran, penyerapan unsur-unsur hara sebagai bahan makanan, proses-proses asimilasi dan penyimpanan gula serta pembentukan bahan kering.

Tebu memiliki kepekaan yang cukup tinggi terhadap kelebihan dan kekurangan air. Kelebihan air dapat terjadi akibat kandungan air tanah yang tinggi serta pengaruh faktor iklim terutama curah hujan yang memiliki curahan yang besar. Kekurangan air dapat terjadi karena sumber air yang terbatas, sistem pemberian irigasi yang tidak tepat dan faktor iklim yang kering atau sangat kering.

Apabila tebu terus-menerus mengalami kekurangan air maka gejala yang nampak adalah pertumbuhannya terhambat sehingga dapat menurun baik kualitas maupun kuantitas produksinya. Sebaliknya tebu yang terus-menerus mengalami kelebihan air akan terganggu pertumbuhannya karena tebu tidak tahan terhadap genangan air (Notojuwono, 1970).

Air dapat mempengaruhi konsentrasi/kadar gula dalam nira tebu. Pada saat pertumbuhan aktif, konsentrasi/kadar

sukrosa akan turun karena sebagian besar dari sukrosa tersebut akan digunakan untuk proses pertumbuhan, sehingga hanya sebagian kecil yang dapat disimpan sebagai cadangan makanan. Pada akhir masa pertumbuhan (masa tebang/panen), kebutuhan air akan berkurang dan kadar gula yang disimpan akan bertambah.

Ketergantungan cuaca dan iklim ditunjukkan dengan kebutuhan air sekitar 1500 - 2500 mm selama masa pertumbuhan tebu. Pada umumnya, besar kebutuhan air tebu memiliki nilai yang bervariasi tergantung pada fase-fase pertumbuhannya. Pada setiap fase pertumbuhan, kebutuhan air tergantung nilai koefisien tanamannya (kc_{tebu}), untuk mengimbangi evapotranspirasi potensial tanaman (ETPc).

Tabel 1. Variasi nilai koefisien tanaman (kc_{tebu}) terhadap fase pertumbuhan tanaman tebu.

Fase pertumbuhan	waktu (hari)	nilai kc
Tanam - 0,25 tajuk tanaman penuh	30 - 60	0,40-0,60
0,25 - 0,50 tajuk tanaman penuh	30 - 40	0,75-0,85
0,50 - 0,75 tajuk tanaman penuh	15 - 25	0,90-1,00
0,75 - tajuk tanaman penuh	45 - 55	1,00-1,20
puncak penggunaan radiasi	180 - 330	1,05-1,30
awal pemasakan	30 - 150	0,80-1,05
pemasakan (panen)	30 - 60	0,60-0,75

Sumber : Doorenbos dan Kassam (1979)

Mobien (1983) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan nilai ETPc_{tebu} di Indonesia mengingat belum tersedia data kc_{tebu} , maka untuk pertimbangan perhitungan ETPc_{tebu} ini dapat digunakan nilai kc hasil perhitungan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai koefisien tanaman (k_{ctebu}) terhadap umur tanaman tebu

Umur tebu (bulan)	Nilai kc sesuai hasil penelitian		
	Scott (di Hawaii)	Doorenbos (di Mauritius)	Hargreaves (di Karibia)
0 - 1	0,40	0,58	0,49
1 - 2	0,40	0,83	0,52
2 - 2½	—	0,93	—
2 - 3	0,45	—	0,56
3 - 4	0,55	—	0,59
2½ - 4	—	1,05	—
4 - 5	0,74	—	0,75
5 - 6	0,88	—	0,83
6 - 7	0,94	—	0,87
7 - 8	1,00	—	0,94
8 - 9	1,00	—	0,91
4 - 10	—	1,10	—
9 - 10	1,00	—	0,86
10 - 11	1,00	0,83	0,77
11 - 12	1,00	0,63	0,69

Sumber : Mobien (1983)

2.2 Pendugaan Evapotranspirasi Potensial

Pada prinsipnya bahwa evapotranspirasi adalah fungsi dari unsur cuaca untuk memberikan pemikiran ke arah penggunaan unsur cuaca untuk memperkirakan besar evapotranspirasi yang mungkin terjadi.

Evapotranspirasi merupakan suatu kebutuhan air konsumtif yang harus dipenuhi oleh tanaman agar dapat mencapai hasil maksimum. Oleh karena itu perlu diketahui besar laju evapotranspirasi agar dapat diusahakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman melalui irigasi bila diperlukan atau



dengan mengatur masa tanam supaya kebutuhan air terbesar tidak bersamaan waktunya dengan saat persediaan air dalam keadaan kritis (Kisdarto, 1979).

Rosenberg (1974) mengemukakan pentingnya penggunaan istilah evapotranspirasi terutama jika penguapan terjadi pada lahan bervegetasi karena sulit melakukan pengukuran transpirasi dan evaporasi dari permukaan secara terpisah. Secara umum, evapotranspirasi dibataskan sebagai jumlah penguapan dari permukaan tanah dan vegetasi atau "total transfer" air dari permukaan bervegetasi ke atmosfer di atasnya.

Doorenbos dan Pruitt (1975), berpendapat bahwa evapotranspirasi potensial adalah laju evapotranspirasi dari sebidang lahan (permukaan lahan) yang ditutupi oleh rumput hijau setinggi 8 - 15 cm yang seragam tingginya dan tumbuh aktif, menutupi tanah dengan sempurna dan tidak kekurangan air.

Evapotranspirasi potensial panci kelas A. Doorenbos dan Pruitt (1975) memperkenalkan suatu metode pendugaan untuk menghitung laju evapotranspirasi harian dari evaporasi panci kelas A (Epan), dengan terlebih dahulu menentukan koefisien panci. Menurut mereka, besar laju evapotranspirasi potensial (ETP) merupakan hasil perkalian koefisien panci (kp) dengan besarnya evaporasi dari panci kelas A (Epan), dimana nilai kp akan ditentukan dari nilai kecepatan angin dan kelembaban relatif udara seperti

terlihat pada tabel 3. Dan persamaan perhitungan untuk mendapatkan nilai ETP tersebut terlihat pada persamaan 1.

$$ETP = k_p \cdot E_{pan} \dots\dots\dots (1)$$

ETP = evapotranspirasi potensial, mm hari⁻¹
 Epan = evaporasi di permukaan air bebas, mm hari⁻¹
 k_p = koefisien panci kelas A

Tabel 3. Koefisien panci kelas A pada tingkat kelembaban relatif udara, kecepatan angin selama 24 jam, dan terhadap penutupan permukaan yang berbeda

Panci kelas A	Petak A : Panci yang terletak di areal yang ditanami rumput				Petak B : Panci yang terletak di areal gundul (belum ditanami)			
Kecepatan angin Km/hari	Jarak arah darimana angin bertiup terhadap rumput, m	RH rata-2 (%)			Jarak arah darimana angin bertiup terhadap areal gundul, m	RH rata-2 (%)		
		<40	40-70	>70		<40	40-70	>70
lemah < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Sedang 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
kuat 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
sangat kuat > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Evapotranspirasi Penman Dimodifikasi. Penman mulai mengembangkan persamaan perhitungan laju evapotranspirasi secara semi empiris dan analisis berdasarkan kombinasi pendekatan aerodinamik dan neraca energi. Metode ini memperhitungkan paling banyak unsur cuaca. Israelsen dan Hansen (1962) dan Rosenberg (1974) mengemukakan bahwa Penman pada tahun 1948 menduga besarnya penguapan melalui

evaporasi dalam satuan milimeter per hari di atas permukaan air terbuka dan persamaannya sebagai berikut :

$$E_o = \frac{\Delta \cdot H + 0,27 E_a}{\Delta + 0,27} \dots\dots\dots (2)$$

Δ adalah gradien tekanan uap jenuh terhadap suhu udara (mm(Hg)/°F), H adalah radiasi neto yang setara dengan mm per hari, 0,27 adalah tetapan dari persamaan higrometer standar, dan $E_a = 0,35(es - e_a)(1 + U_2/100)$ mm hari⁻¹. e_s adalah tekanan uap jenuh pada suhu titik embun (mmHg), e_a adalah tekanan uap aktual (mmHg) dan U_2 adalah kecepatan angin dalam mile per hari pada ketinggian 2 meter.

Chang (1968), Chambers (1977), Penman (1949 dalam Rosenberg, 1974), dan Slatyer (1967) memperlihatkan adanya permasalahan dalam pendugaan evaporasi dengan menggunakan metode Penman, maka Penman berusaha menggabungkan pendekatan aerodinamik dan neraca energi. Persamaan tersebut lebih banyak didasarkan atas prinsip-prinsip fisika dibanding empirisnya.

$$E_o = \frac{\Delta R_n + \tau E_a}{\Delta + \tau} \dots\dots\dots (3)$$

E_o = evaporasi dari air terbuka (mm hari⁻¹)
 Δ = gradien tekanan uap jenuh terhadap suhu (mbar/°C)
 τ = tetapan psikrometri (mbar/°C)
 E_a = komponen aerodinamik
 $= 0,35(es - e_a)(1 + U_2/100)$ mm hari⁻¹
 R_n = radiasi surya neto (mm hari⁻¹)

Chambers (1977) dan Chang (1968) menyatakan bahwa pengujian persamaan Penman di daerah yang luas dapat memberikan hasil yang memuaskan kecuali di daerah adveksi

yang tinggi. Perbandingan antara laju evapotranspirasi dan taksiran Penman dari laju evaporasi air terbuka bervariasi dengan faktor dan unsur iklim serta tinggi vegetasi.

Doorenbos dan Pruitt (1975) lebih lanjut mengemukakan bahwa parameter cuaca yang diamati pada pendugaan besar evapotranspirasi adalah kelembaban relatif udara, suhu udara, lama penyinaran surya, dan kecepatan angin. Sehingga persamaan akhir evapotranspirasi potensial Penman (ETP), sebagai berikut :

$$ETP = c[W.R_n + (1-W).f(U).(es-ea)] \quad \dots\dots\dots (4)$$

ETP = laju evapotranspirasi potensial (mm hari⁻¹)

c = faktor koreksi pada kondisi cuaca siang hari dan malam hari meliputi fungsi dari RH maksimum, kecepatan angin siang hari, kecepatan angin malam hari, dan radiasi surya

W = faktor pembobot

R_n = radiasi neto (mm hari⁻¹)

(1-W) = faktor pembobot

f(U) = fungsi dari kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah

(es-ea) = defisit uap (antara tekanan uap jenuh pada suhu udara rata-rata dengan tekanan uap aktual, mbar)

Perkalian antara faktor pembobot (W) dengan radiasi neto (R_n) merupakan bentuk komponen radiasi. Sedang perkalian antara (1-W), f(U) dan (es-ea) merupakan bentuk komponen aerodinamik.

2.3 Komponen Persamaan Evapotranspirasi Penman Dimodifikasi

Dengan merujuk pada persamaan 4 dapat diuraikan persamaan-persamaan baik dari bentuk komponen radiasi maupun komponen aerodinamik.

Komponen radiasi. Radiasi surya yang sampai di bumi mempunyai satuan $\text{cal cm}^{-2} \text{ detik}^{-1}$. Energi surya yang melalui atmosfer akan mengalami pengurangan energi terutama dengan adanya penyerapan oleh gas-gas dan uap air, proses pembauran (scattering) oleh molekul-molekul udara dari benda padat dan cair dan pemantulan ke ruang angkasa oleh partikel-partikel besar di permukaan awan. Sedangkan pengaruh penutupan awan terhadap radiasi datang merupakan suatu penghalang yang nyata bagi penembusan radiasi surya yang datang.

Radiasi neto gelombang pendek (R_nS) dan radiasi neto gelombang panjang (R_nL) merupakan komponen-komponen radiasi neto (R_n).

$$R_n = R_nS - R_nL \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R_nS = (1-\alpha) \cdot (a+b \cdot n/N) \cdot R_a \quad \dots\dots\dots (6)$$

- α = Koefisien pemantulan (albedo permukaan)
- a & b = tetapan
- n = lama penyinaran (jam)
- N = rerata panjang hari maksimum (jam)
- R_a = rerata ekstra terestrial, merupakan fungsi dari lintang dan waktu (mm hari^{-1})

sumber : Doorenbos dan Pruitt (1975,1977)

Nilai koefisien pemantulan (α) untuk tanaman tebu adalah 15% dan α untuk tanah berpasir adalah 30% (Lee, 1978 dalam de Rozari, 1987). Nilai tetapan a dan b berturut-turut diambil 0,23 dan 0,48; nilai tersebut merupakan hasil analisa Black, BanyThon, dan Prescott (1954 dalam Chambers, 1977) diperoleh dari nilai radiasi bulanan dan lama penyinaran matahari dari 32 stasiun dari daerah tropis sampai ke kutub. Sedang Doorenbos dan Pruitt (1975) memberikan nilai a dan b masing-masing adalah 0,25 dan 0,50.

Rerata panjang hari maksimum (N) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 7.

$$N = 2 \cdot \text{Arccos}(\cos H) \dots\dots\dots (7)$$

$$\cos H = -\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)$$

H = rerata panjang setengah hari (jam)

ϕ = letak lintang pengamatan

δ = deklinasi surya

sumber : Sellers (1965)

Rerata ekstra terestrial (R_a) merupakan nilai intensitas radiasi surya yang diterima di puncak atmosfer sejak matahari terbit hingga matahari terbenam, dan diperoleh dengan persamaan berikut :

$$R_a = S \cdot v_r^2 \int_{-H}^H [\sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H)] dt$$

S = tetapan surya

v_r = vektor radius jarak bumi-matahari

diketahui : w = kecepatan angular bumi = $dH/dt = 2\pi$ rad hari⁻¹

$$Ra = S.vr^2 \int_{-H}^H [\sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(H)] dH/w$$

atau :

$$Ra = \frac{1.440}{\pi} S.vr^2 \cdot [H \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(H)] \text{ ly hari}^{-1}$$

sumber : Fleagle dan Businger (1980), Liou (1980), dan Sellers (1965)

Doorenbos dan Pruitt (1975) menunjukkan suatu kesetaraan, yaitu $1 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1} = 0.0167 \text{ mm min}^{-1}$, sehingga :

$$Ra = (24/\pi) \cdot S.vr^2 (H \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin H) \text{ mm hari}^{-1} \dots\dots (8)$$

Dan nilai RnL diperoleh dengan persamaan berikut :

$$RnL = f(T) \cdot f(ea) \cdot f(n/N) \dots\dots\dots (9)$$

untuk :

$$\begin{aligned} f(T) &= \sigma T^4 \\ &= (8,26 \times 10^{-11}) T^4 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1} \\ &= 1440(8,26 \times 10^{-11}) T^4 \text{ cal cm}^{-2} \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

$$f(T) = 24(8,26 \times 10^{-11}) T^4 \text{ mm hari}^{-1} \dots\dots\dots (10)$$

T^4 = rerata suhu udara (Kelvin)

σ = tetapan Stefan Boltzman

untuk :

$$f(ea) = 0,34 - 0,044 \cdot v(ea) \dots\dots\dots (11)$$

(untuk daerah kering)

$$\text{sedang } f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot n/N \dots\dots\dots (12)$$

sumber : Doorenbos dan Pruitt (1975,1977)

Faktor pembobot dapat diperoleh dengan persamaan :

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \tau} = (1 + \tau/\Delta)^{-1} \dots\dots\dots (13)$$

sumber : Sharp dan Sawden (1985) dan Doorenbos dan Pruitt (1975).

Sharp dan Sawden (1985) memberikan persamaan untuk :

$$\Delta = (0,00815 \cdot T + 0,8912)^7 \dots\dots\dots (14)$$

T adalah suhu udara dalam $^{\circ}\text{C}$.

Sedang Pawitan (1989) dengan persamaan :

$$\Delta = (lv/Rv) (es/T^2) \dots\dots\dots (15)$$

lv = panas laten penguapan ($2,5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$)
 Rv = tetapan gas untuk uap air ($461 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

Untuk mendapatkan nilai tetapan psikrometri dapat dilakukan dengan pendekatan terhadap persamaan-persamaan berikut :

$$ea(T) = es(Tw) - \tau \cdot (T - Tw) \dots\dots\dots (16)$$

ea(T) = tekanan uap aktual pada suhu bola kering, T (mbar)
 es(Tw) = tekanan uap jenuh pada suhu bola basah, Tw (mbar)
 τ = tetapan psikrometri (mbar $^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Sumber : Angust (1825 dalam Murdiyarso, 1988)

Diketahui rumus umum kelembaban relatif udara seperti berikut :

$$RH = \frac{ea(T)}{es(T)} \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

Sehingga $ea(T) = RH \cdot es(T)$ dan $es(T)$ dapat dihitung secara empirik, yaitu :

$$es(T) = 6,1078 \cdot \exp[17,269 \cdot T / (273,3 + T)] \dots\dots\dots (18)$$

Karena persamaan ini berlaku untuk menghitung $es(Tw)$, maka nilai tetapan psikrometri dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{6,1078 \cdot \exp\left[\frac{17,269 \cdot Tw}{273,3 + Tw}\right] - 6,1078 \cdot RH \cdot \exp\left[\frac{17,269 \cdot T}{273,3 + T}\right]}{(T - Tw)} \dots\dots\dots (19)$$

Komponen aerodinamik. Bentuk ini merupakan bentuk persamaan yang didasarkan atas prinsip-prinsip fisika.

Komponen-komponen bentuk aerodinamik terdiri dari fungsi kecepatan angin ($f(U)$), defisit tekanan uap ($es-ea$) dan faktor pembobot ($1-W$).

Fungsi kecepatan angin ($f(U)$) diperhitungkan untuk ketinggian 2 meter, apabila tidak, Doorenbos dan Pruitt (1975) menganjurkan untuk memberikan angka koreksi terhadap ketinggian 2 meter dari permukaan tanah.

Tabel 4. Faktor koreksi kecepatan angin terhadap ketinggian 2 meter, untuk data pengamatan kecepatan angin selain pada ketinggian 2 meter

Ketinggian alat (m)	0,5	1,0	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Faktor koreksi	1,35	1,15	1,06	0,93	0,88	0,85	0,83

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

Nilai $f(U)$ dapat diperoleh dengan persamaan :

$$f(U) = 0,27(1+U_2/100) \dots\dots\dots (20)$$

di mana U_2 rerata kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dalam satuan km hari^{-1} (Doorenbos dan Pruitt, 1975).

Defisit tekanan uap ($es-ea$) merupakan selisih antara tekanan uap jenuh (es) dan tekanan uap aktual (ea).

Pawitan (1989) memberikan persamaan untuk es sebagai berikut :

$$es = 6,11 \exp [lv/rv (1/273-1/T)] \dots\dots (21)$$

Sedang Rosenberg (1974),

$$es = 10^{(0,02604T+0,82488)} \dots\dots\dots (22)$$

Dengan persamaan $RH = (ea/es) \cdot 100$, akan diperoleh nilai :

$$ea = es \cdot RH/100 \dots\dots\dots (23)$$

Sehingga persamaan laju evapotranspirasi Penman yang belum terkoreksi (ETo-Penman) adalah :

$$ET_o = W.R_n + (1-W).f(U).(e_s - e_a) \dots\dots\dots (24)$$

Dan laju evapotranspirasi potensial dapat diperoleh dengan mengalikan ETo dengan faktor koreksi atau "adjustment factor" (c) dan persamaannya dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$ETP = c.ET_o \dots\dots\dots (25)$$

Nilai faktor koreksi (c) dapat diketahui dari tabel 5, di mana nilainya bervariasi tergantung pada kelembaban relatif udara maksimum, kecepatan angin siang hari (Usg), nisbah kecepatan angin siang hari dan malam hari (Usg/Uml), kondisi radiasi (Rs, mm/hari).

Tabel 5. Faktor koreksi yang dikemukakan untuk Persamaan Penman yang sudah dimodifikasi

Paramater untuk menentukan nilai faktor koreksi Persamaan Penman (c)				RHmak = 30%				RHmak = 60%				RHmak = 90%			
				Rs mm/hari				Rs mm/hari				Rs mm/hari			
				3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
n i s b a h Usg & Uml	4	Usg m/det	0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
			3	0,79	0,84	0,92	0,97	0,92	1,00	1,11	1,19	0,99	1,10	1,27	1,32
			6	0,68	0,77	0,87	0,93	0,85	0,96	1,11	1,19	0,94	1,10	1,26	1,33
	3	Usg m/det	9	0,55	0,65	0,78	0,90	0,76	0,88	1,02	1,14	0,88	1,01	1,16	1,27
			0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
			3	0,76	0,81	0,88	0,94	0,87	0,96	1,06	1,12	0,94	1,04	1,18	1,28
			6	0,61	0,68	0,81	0,88	0,77	0,88	1,02	1,10	0,86	1,01	1,15	1,22
	2	Usg m/det	9	0,46	0,56	0,72	0,82	0,67	0,79	0,88	1,05	0,78	0,92	1,06	1,18
			0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
			3	0,69	0,76	0,85	0,92	0,83	0,91	0,99	1,05	0,89	0,98	1,10	1,14
	1	Usg m/det	6	0,53	0,61	0,74	0,84	0,70	0,80	0,94	1,02	0,79	0,92	1,05	1,12
			9	0,37	0,48	0,65	0,76	0,59	0,70	0,84	0,95	0,71	0,81	0,96	1,06
			0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
	1	Usg m/det	3	0,64	0,71	0,82	0,89	0,78	0,86	0,94	0,99	0,85	0,92	1,01	1,05
			6	0,43	0,53	0,68	0,79	0,62	0,70	0,84	0,93	0,72	0,82	0,95	1,00
			9	0,27	0,41	0,59	0,70	0,50	0,60	0,75	0,87	0,62	0,72	0,87	0,96

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977)

2.4 Laju Evapotranspirasi tanaman tebu

Pada dasarnya pendugaan laju evapotranspirasi tanaman dapat dipergunakan sebagai indikator kebutuhan air konsumtif tanaman. Besarnya evapotranspirasi tanaman berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman tergantung jenis tanaman dan fase perkembangan tanaman serta kondisi cuaca pada lingkungan sekitar tanaman.

Evapotranspirasi tebu diperoleh nilainya, yaitu mengalikan ETP Penman dimodifikasi dengan kc_{tebu} , lihat tabel 1 dan 2. Nilai kc ini ditentukan oleh karakteristik, masa tanam atau penyemaian, laju perkembangan dan masa pertumbuhan tebu serta faktor keadaan iklim.

$$ETP_c = kc_{\text{tebu}} \times ETP \dots\dots\dots (26)$$

2.5 Potensial Air Tanah

Soedarmo dan Djoyoprawiro (1986) menyatakan potensial air tanah sebagai tenaga yang diperlukan untuk memindahkan sejumlah air dari tempat patokan yang dianggap potensialnya sama dengan nol ke tempat lain yang potensialnya mempunyai nilai tertentu. Sehingga potensial air tanah dapat diartikan sebagai petunjuk status energi atau ketersediaan air tanah. Perubahan energi tersebut dapat dinyatakan dalam 1) perbedaan tinggi (cm) karena energi air tanah telah diturunkan untuk mencapai tingkat energi

permukaan air bebas, 2) perbedaan tekanan (atmosfer) antara air tanah dan air bebas dan 3) usaha persatuan massa (erg gr^{-1}).

Murdiyarso (1980) menjelaskan bahwa secara kuantitatif potensial air tanah sering dinyatakan dalam satuan tekanan hidrostatik atau dalam bentuk tinggi kolom cairan karena adanya perbedaan tekanan. Misal 1 atmosfer adalah setara dengan kolom air vertikal (hydraulic head) setinggi 1033 cm atau dengan kolom air raksa setinggi 76 cm.

Untuk menghindari pemakaian angka yang besar, Schofield (1935 dalam Murdiyarso, 1980) mengusulkan pemakaian logaritma potensial tersebut dengan simbol pF yang menyatakan eksponensial per keadaan tekanan atas dasar ketinggian kolom air di atas permukaan air bebas. Jadi :

$$pF = \log(h) \dots\dots\dots (27)$$

h = tinggi kolom air (cm)

Potensial total air tanah merupakan jumlah pengaruh dari berbagai gaya, yaitu : potensial gravitasi (Y_g), potensial matriks (Y_m), potensial osmotik (Y_o), dan kemungkinan potensial lain yang tidak penting. Potensial gravitasi berperan dalam menghilangkan air berlebih. Potensial osmotik disebabkan oleh adanya bahan terlarut dalam tanah yang dapat menurunkan energi bebas air karena ion atau molekul bahan terlarut menarik molekul-molekul air. Sehingga potensialnya bertanda negatif. Potensial

matriks merupakan hasil gaya kapiler dan gaya jerapan yang diakibatkan oleh matriks tanah. Potensial matriks ini bernilai negatif karena juga menurunkan energi bebas air tanah.

2.6 Neraca Air Tanah

Neraca air merupakan perbandingan suplai air (curah hujan) bulanan, mingguan atau harian dengan kebutuhan air berdasar iklim (evapotranspirasi potensial). Thornthwaite dan Mather (1957) membuat prosedur perhitungan neraca air dengan menggunakan sistem tatabuku, caranya dengan menyediakan berbagai tabel yang digunakan untuk perhitungan tersebut. Bentuk tatabuku untuk perhitungan neraca air mengandung enam parameter, yaitu presipitasi, evapotranspirasi potensial, evapotranspirasi aktual, simpanan lengas tanah, surplus dan defisit.

Hillel (1972 dalam Landasong Tadjang, 1980) mengemukakan istilah neraca air lahan, yaitu suatu perincian tentang semua masukan, keluaran dan perubahan simpanan air tanah yang terdapat pada suatu lahan dalam lingkungan tertentu selama periode waktu tertentu. Tugas pengawasan dan pemantauan neraca air lahan penting untuk pengelolaan air dan tanah secara efisien. Tanpa pengetahuan neraca air, mungkin tidak dapat dievaluasi dengan baik cara-cara meminimumkan kehilangan air dan memaksimumkan masukan dan

pemakaian air yang begitu sering menjadi faktor pembatas bagi produksi tanaman pertanian.

Dalam bentuk paling sederhana neraca air hanya menetapkan bahwa dalam volume tanah tertentu memiliki perbedaan antara jumlah air yang masuk (W_{in}) dan jumlah air yang hilang (W_{out}) selama periode waktu tertentu sama dengan perubahan kadar air di dalam tanah (δW)

$$W_{in} - W_{out} = \delta W \quad \dots\dots\dots (28)$$

Chang (1963 dalam Landasong Tadjang, 1980) mengemukakan keuntungan dengan pendekatan meteorologi adalah bahwa perhitungan berbagai komponen neraca air dapat memberikan kemungkinan untuk mempelajari perencanaan pengelolaan sumber air jangka panjang.

Nasir (1990) memberikan 3 macam model neraca air yang penting untuk pengelolaan pertanian. Pertama; neraca air global disusun menurut konsep klimatologi untuk mengetahui secara orientasi tentang besarnya surplus dan defisit curah hujan terhadap evapotranspirasi serta periode terjadinya pada suatu daerah. Kedua; neraca air lahan, disusun dengan konsep yang sama dengan neraca air global, namun dari hasil perhitungan ini, Nasir (1990) menjelaskan adanya analisis tentang akibatnya terhadap status air di permukaan tanah. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk keperluan sebagai berikut : mempertimbangkan kesesuaian lahan tadah hujan bagi jenis tebu, merencanakan jadwal tanam dan panen serta mengatur jadwal pemberian air siram-

an atau irigasi baik jumlah maupun waktu. Ketiga; neraca air tanaman, ia menambahkan bahwa model neraca air ini merupakan kelanjutan dari neraca air lahan dengan memasukkan nilai koefisien tanaman tebu (kc). Lebih lanjut, ia menjelaskan manfaat neraca air ini adalah lebih meningkatkan efesiensi pemberian air irigasi atau siraman.



III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Daerah penelitian adalah PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) Pabrik Gula Asembagus, Situbondo, Jawa Timur (pada lampiran Gambar 1). Waktu penelitian dilaksanakan tanggal 1 Mei sampai tanggal 31 Agustus 1991. Pengamatan dan pengukuran di lapangan dilakukan mulai tanggal 4 Mei sampai 20 Agustus 1991.

3.2 Bahan dan Alat

Dalam analisa dan perhitungan laju evapotranspirasi potensial dengan metode Penman yang dimodifikasi diperlukan bahan berupa data cuaca seperti suhu udara, lama penyinaran surya, kelembaban relatif udara dan kecepatan angin (interval waktu yang dibutuhkan adalah berupa data harian dengan waktu pengamatan pada pukul 07.00, 13.00 dan 17.00 WIB). Net radiometer digunakan untuk mengukur radiasi neto surya dan selang waktu pengamatan adalah setiap 15 menit dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WIB selama penelitian. Sedang untuk perhitungan neraca air diperlukan data curah hujan, hasil analisa evapotranspirasi Penman yang telah dimodifikasi, data kapasitas lapang dan titik layu permanen tanah, dan data kadar lengas tanah.

Perlengkapan instrumentasi cuaca yang dipergunakan meliputi : penakar hujan tipe observatorium, sangkar cuaca + psikrometer standar (termometer bola basah, termometer bola kering, termometer maksimum, termometer minimum), anemometer cup counter (wind run), net radiometer + Digital Volt Meter (DVM), panci kelas A + hooke gauge + stilling well dan mistar geser kelembaban relatif. Untuk pengukuran potensial air tanah dipergunakan tensiometer untuk kedalaman 15, 30 dan 45 cm. Untuk pengambilan contoh tanah digunakan ring contoh. Alat yang digunakan untuk analisa tanah adalah oven pemanas (105°C) + perlengkapan dalam proses pengovenan, timbangan tipe Sartorius Mettler Zürich (ketelitian $\pm 0,0005$ gram) dan kaleng-kaleng kecil + plastik sebagai tempat kaleng.

3.3 Metode Penelitian

Pengumpulan data penelitian. Pengumpulan data meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi : lama penyinaran surya dan data evaporasi panci kelas A, yang diperoleh dari Kebun Percobaan Asembagus (BALITAS). Data batas kapasitas lapang (KL) dan batas titik layu permanen (TLP) diperoleh dari laporan pemetaan tanah areal PG Asembagus.

Data primer merupakan data pengamatan langsung di lokasi penelitian, meliputi : data curah hujan, psikrome-

ter standar, kecepatan angin, radiasi neto, evaporasi panci kelas A dan data potensial air tanah untuk 3 kedalaman (15, 30 dan 45 cm) pada dua lokasi. Data primer lainnya adalah data analisa kadar lengas tanah. Data-data yang terkumpul selanjutnya dipergunakan sebagai pertimbangan hasil perhitungan neraca air.

Pengambilan contoh tanah. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan menggunakan ring contoh untuk menentukan kadar lengas tanah, pada 3 kedalaman (15, 30 dan 45 cm) pengambilan contoh tanah ini dilakukan pada awal (10 Mei 1991), pertengahan (1 Juli 1991) dan akhir penelitian (20 Agustus 1991). Pengambilan contoh tanah juga dilakukan sebagai dasar perhitungan neraca air.

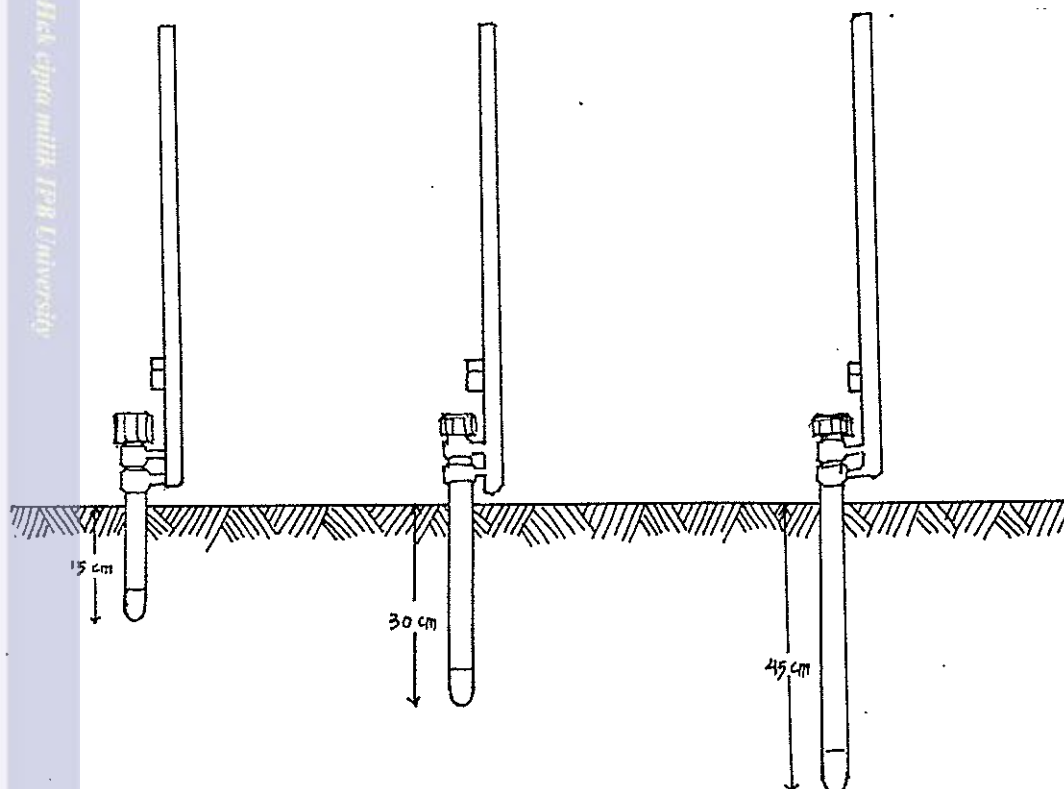
Pengukuran potensial air tanah. Untuk mengukur potensial air tanah digunakan alat tensiometer untuk kedalaman pengukuran 15, 30 dan 45 cm. Tensiometer untuk masing-masing kedalaman diletakkan di stasiun cuaca dan di areal tebu yang diduga nilai ETP-nya. Posisi alat di lapangan seperti pada gambar 1.

Faktor konversi mbar ke milimeter dilakukan dengan mengkalibrasi terhadap kadar lengas tanah untuk masing-masing kedalaman pada awal, pertengahan dan akhir penelitian. Untuk kebutuhan kalibrasi digunakan persamaan regresi sederhana berikut ini :

$$y = a + b.x \quad \dots\dots\dots (29)$$

y = kadar lengas tanah (mm); x = potensial air tanah

(mbar); a = parameter intersep, yaitu perpotongan garis regresi dengan sumbu y pada saat $x = 0$ dan b = kemiringan (gradien) garis regresi



Gambar 1. Posisi pemasangan tensiometer di lapangan

Analisa kadar lengas tanah. Analisa ini dilakukan di laboratorium tanah Kantor Urusan Percobaan PT Perkebunan XXIV-XXV (Persero) Jatiroto, dengan metode gravimetrik. Persamaan ini adalah :

$$\frac{BTB - BTK}{BTK} \times 100 = KAb (\% \text{ bobot}) \dots\dots\dots (30)$$

BTB = Berat tanah sebelum dikeringkan
 BTK = Berat tanah sesudah dikeringkan
 KAb = persen bobot kadar lengas tanah

Sedang persen volume kadar lengas tanah (K_{Av}) adalah :

$$K_{Av} = K_{Ab} \cdot BD \quad \dots\dots\dots (31)$$

BD = kerapatan limbak (bulk density)

$$BD = \frac{\text{Bobot total} \cdot (1 - K_{ATb})}{\text{volume ring contoh}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

Sedang untuk menentukan kadar lengas tanah dalam tinggi kolom air tanah (mm), yaitu : mengalikan persen volume kadar air tanah dengan kedalaman pengambilan contoh tanah disesuaikan kedalaman tanah.

Prosedur Perhitungan evapotranspirasi.

A. Evapotranspirasi Penman dimodifikasi

Tabel 6. Prosedur perhitungan evapotranspirasi penman dimodifikasi

Komponen	U r a i a n
T	suhu udara hasil pengukuran
RH	kelembaban relatif udara hasil pengukuran
U	kecepatan angin hasil pengukuran
n	lama penyinaran surya hasil pengukuran
H	panjang setengah hari = $\arccos [-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)]$ ϕ = letak lintang pengamatan (dalam radian) δ = deklinasi surya (dalam radian)
N	panjang hari = $2 \cdot H$
Ra	$15,3 \cdot vr^2 \cdot [H \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(H)]$
Rs	$(0,25 + 0,50 \cdot n/N) \cdot Ra$
Rns	$(1 - \alpha) \cdot Rs$, α = koefisien pemantulan tanaman
es	$6,11 \cdot \exp[(2500000 \cdot T)/(34357869 + 74529 \cdot T)]$
ea	$es \cdot RH/100$
f(ea)	$0,34 - 0,044 \cdot \sqrt{ea}$
f(T)	$1,98 \cdot 10^{-9} \cdot (T+273)$
f(n/N)	$0,1 + 0,9 \cdot n/N$
Rnl	$f(ea) \cdot f(T) \cdot f(n/N)$
Rn	$Rns - Rnl$
Δ	$(5,4 \cdot 10^3 \cdot es)/(T+273)$
τ	$6,1078 [\exp\{17,269Tw/(273+Tw)\} - RH \exp\{17,269T/(273T)\}]$
W	$\Delta / (\Delta + \tau)$
f(U)	$0,27 \cdot (1 + U^2/100)$
(es-ea)	defisit uap
ETo	ETP yang belum terkoreksi = $(w \cdot Rn) + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (es - ea)$
c	faktor koreksi (lihat tabel 5)
ETPl	ETP Penman dimodifikasi = $c \cdot ETo$
kc	koefisien tanaman (lihat tabel 2)
ETPc	evapotranspirasi tanaman = $ETPl \cdot kc$

B. Evapotranspirasi panci kelas A

Perhitungan evapotranspirasi potensial dari panci kelas A adalah :

$$ETP2 = Epan.kp$$

ETP2 = Laju evapotranspirasi potensial (mm hari⁻¹)
 Epan = laju evaporasi dari permukaan air bebas hasil pengukuran dari evaporimeter panci kelas A⁻¹
 kp = koefisien panci lihat tabel 3

C. Evapotranspirasi aktual hasil pengukuran

$$ETA = y_n - y_{n-1} \dots\dots\dots (34)$$

ETA = evapotranspirasi aktual (mm hari⁻¹)
 y_n = pengukuran tensiometer hari ke-(n) dalam mm
 y_{n-1} = pengukuran tensiometer hari ke-(n-1) dalam mm
 n = tanggal pengamatan

Neraca air. Dalam kajian neraca air akan dilakukan analisis dan perhitungan dengan dasar metode tatabuku Thornthwaite dan Mather, dipertimbangkan untuk neraca air harian.

Prosedur yang dilakukan pertama kali dalam analisa neraca air harian adalah menetapkan ketersediaan air tanah (KAT) pada awal pengamatan (4 Mei 1991) dan menyediakan data pengamatan curah hujan (CH) dan hasil perhitungan ETP selama periode yang diharapkan untuk analisa neraca air, yaitu 5 Mei sampai 20 Agustus. Untuk pekerjaan selanjutnya dilakukan dengan mengikuti prosedur neraca air seperti disajikan tabel 7.

Tabel 7. Prosedur perhitungan neraca air harian

Komponen neraca air	U r a i a n
ETP	$c.[W.R_n + (1-W).f(U).(es-ea)]$
CH	Hasil pengukuran penakar hujan
CH - ETP	Selisih curah hujan dan evapotranspirasi
APWL	- Akumulasi CH - ETP dibawah kondisi WHC - Apabila $CH > ETP$, maka $KAT_n = KAT_{n-1} + (CH - ETP)$ dan nilai $APWL = WHC.[\ln(KAT_n) - \ln(WHC)]$
KAT_n	- Untuk awal perhitungan digunakan KA hasil pengukuran di lapang, yaitu selisih kadar lengas tanah dalam tinggi kolom air (mm) dikurangi Titik Layu Permanen (TLP) - $KAT = WHC.exp[APWL/WHC]$
ΔKAT	$KAT_n - KAT_{n-1}$
ETA	- Apabila $CH \geq ETP$, maka $ETA = ETP$ - Apabila $CH < ETP$, maka $ETA = CH - abs(\Delta KAT)$
DEF	- Apabila $CH - ETP \geq 0$, maka $DEF = 0$ - Apabila $CH - ETP < 0$, maka $DEF = \Delta KAT - (CH - ETP)$
SUR	- Apabila $KAT \leq WHC$, maka $SUR = 0$ - Apabila $KAT > WHC$, maka $SUR = [(CH - ETP) + KAT_{n-1}] - WHC$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

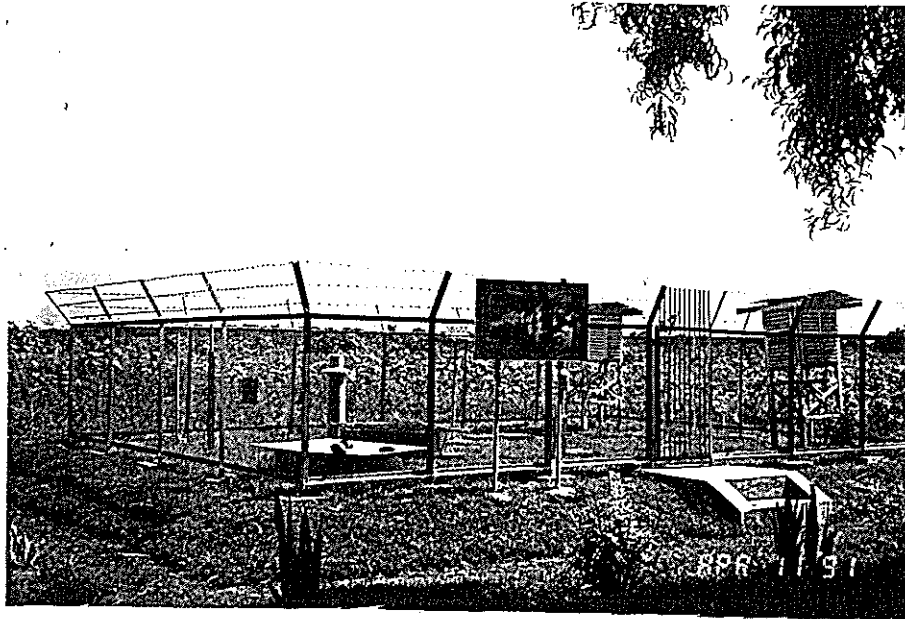
4.1 Keadaan Umum Perkebunan PG Asembagus

Secara geografi, perkebunan Pabrik Gula Asembagus terletak sekitar $7^{\circ}39'44''$ LS dan $114^{\circ}12'1''$ BT dengan ketinggian antara 55 m di atas permukaan laut. Pabrik Gula Asembagus terletak di Desa Trigonco, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo.

Berdasar pemakaian lahan tebu (tahun 1930 - 1990), perkebunan PG Asembagus rata-rata memiliki luas lahan tebu sekitar 1753 hektar. Sekarang luas kebun tebu sekitar 4507 ha dengan batas wilayah sebelah utara Selat Madura, di sebelah selatan Desa Bantal Kecamatan Asembagus, di sebelah timur HGU Benculuk dan di sebelah barat berbatasan dengan wilayah PG Panji.

Perkebunan PG Asembagus merupakan dataran rendah yang memiliki bentuk permukaan datar membentang dari ketinggian 0 hingga 100 meter di atas permukaan laut.

Kebun tebu belum memiliki stasiun klimatologi sendiri. Data iklim dan cuaca pertanian perkebunan tebu di PG Asembagus diperoleh dari stasiun klimatologi Kebun Percobaan Asembagus, Balai Penelitian Tembakau Dan Tanaman Serat (BALITTAS) Asembagus (Gambar 2). Letak stasiun klimatologi Kebun Percobaan Asembagus terletak sekitar 2 km ke arah timur dari PG Asembagus.

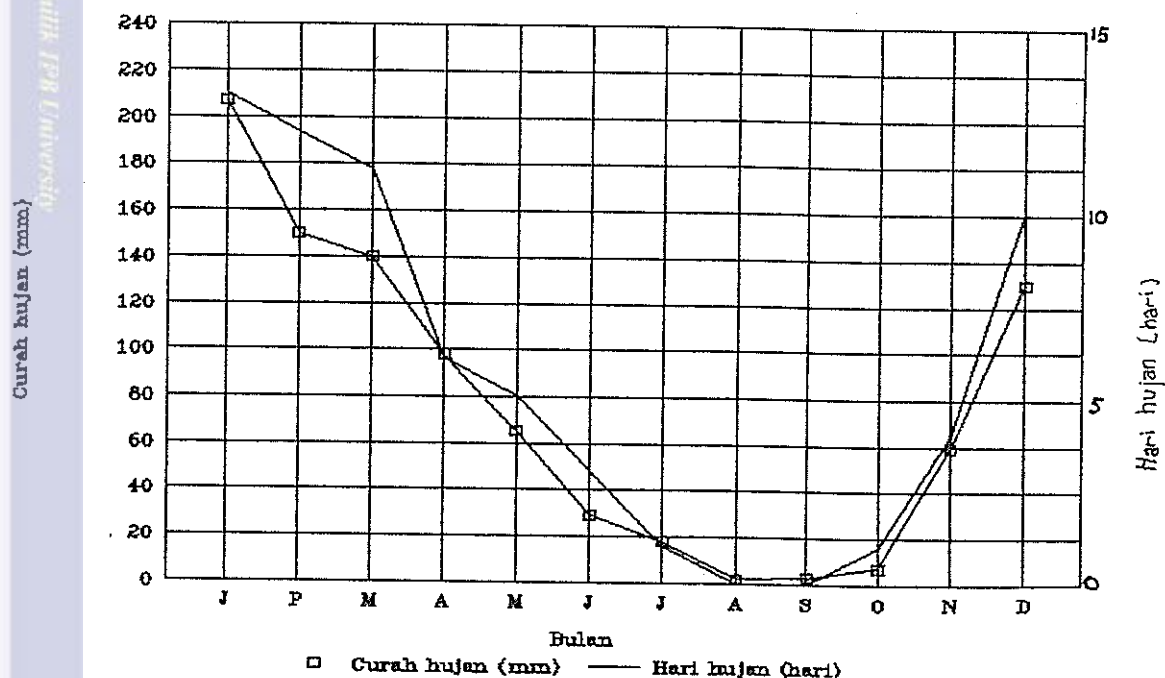


Gambar 2. Stasiun klimatologi Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Keras, Kebun Percobaan Asembagus

Di stasiun klimatologi Kebun Percobaan Asembagus, parameter iklim yang diamati meliputi suhu udara, curah hujan, lama penyinaran surya, kelembaban relatif udara, evaporasi, kecepatan angin dan lama penyinaran surya. Selanjutnya data klimatologi dan meteorologi tersebut dikelola oleh Badan Meteorologi dan Geofisika wilayah III di Bali.

Curah Hujan. Asembagus memiliki curah hujan rata-rata tahunan 914 mm dan hari hujan rata-rata tahunannya 65 hari (Tahun 1958-1990). Pola sebaran hujannya berbentuk bimodal. Pada pertengahan bulan terlihat kecenderungan

adanya curah hujan yang rendah dengan hari hujan pendek. Sedang pada awal dan akhir bulan terlihat curah hujan cenderung tinggi dengan hari hujan lebih lama (Gambar 3).

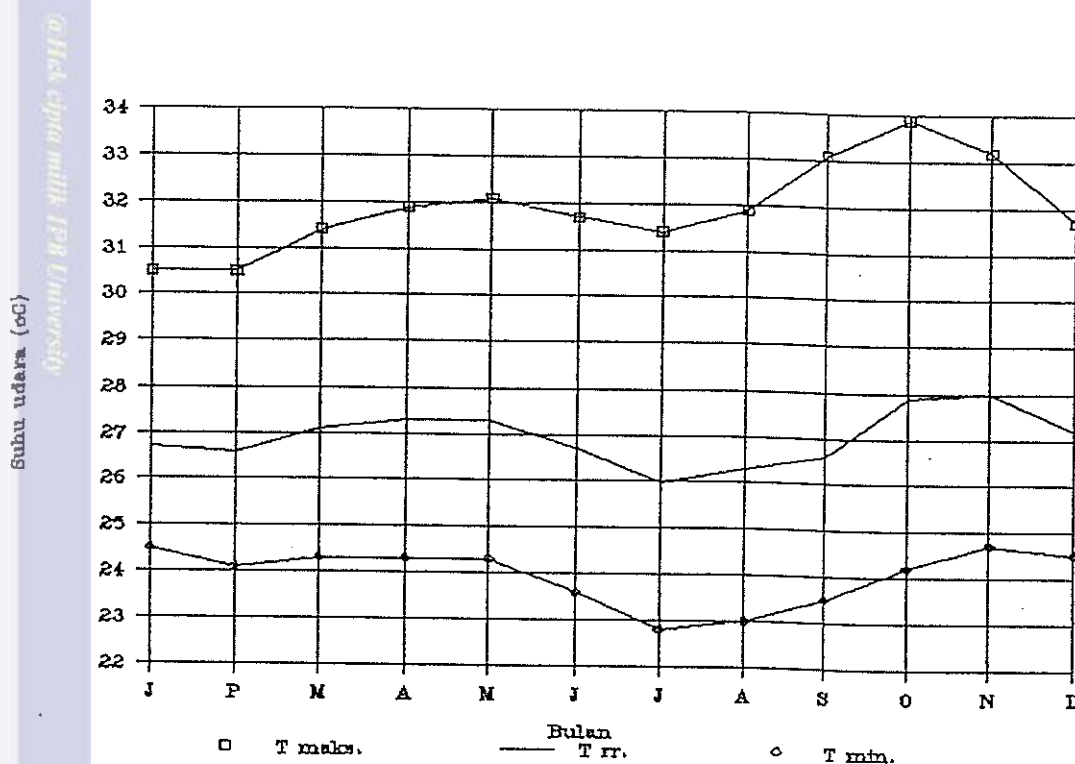


Gambar 3. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan curah hujan dan hari hujan (tahun 1958-1990)

Suhu Udara. Rata-rata tahunan (tahun 1958 - 1990) suhu udara maksimum, minimum dan rata-rata harian cenderung memiliki perubahan yang sepadan dari bulan ke bulan. Hal ini terlihat dari bentuk garis kurva yang relatif sejajar (Gambar 4).

Suhu udara rata-rata maksimum tahunan berkisar 30,5 - 33,9°C dan suhu udara rata-rata minimum tahunannya berki-

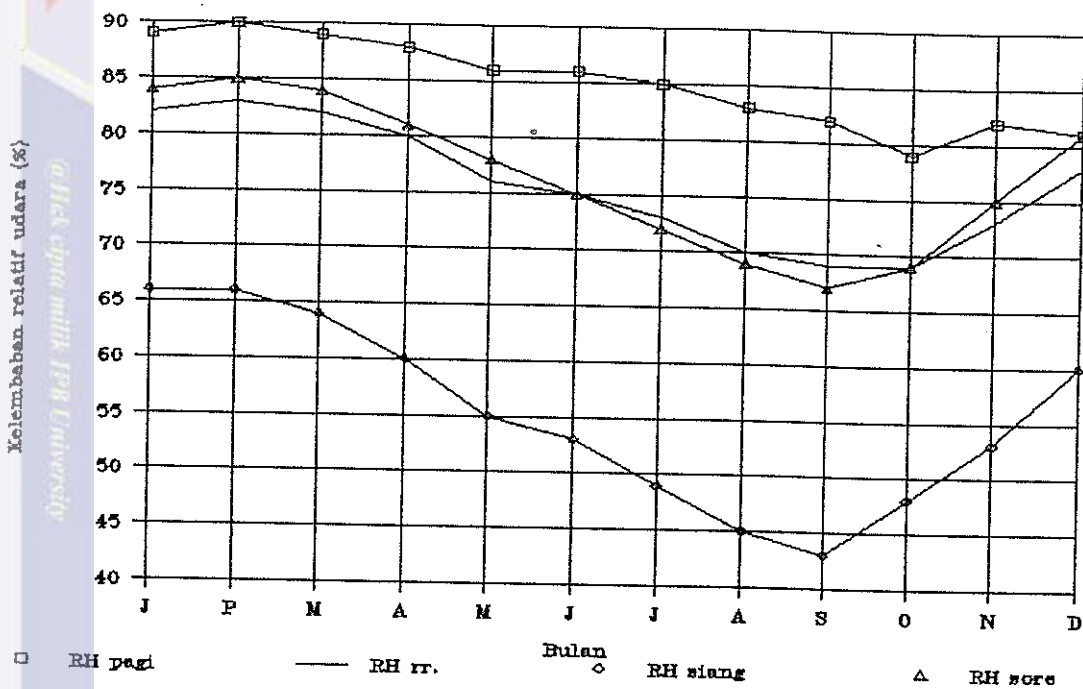
sar $22,8 - 24,7^{\circ}\text{C}$. Sedang rata-rata tahunan dari suhu udara harian berkisar $26,0^{\circ}\text{C} - 28,0^{\circ}\text{C}$.



Gambar 4. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) suhu udara maksimum, minimum dan rata-rata harian

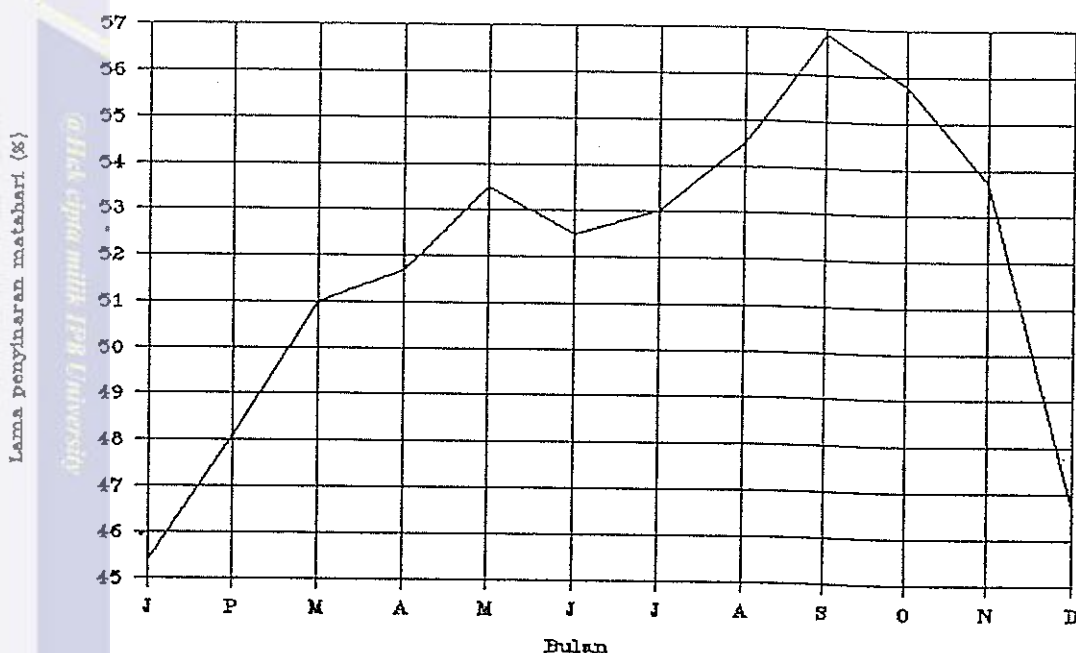
Kelembaban Relatif Udara (RH). Kelembaban relatif udara cenderung rendah pada bulan-bulan Agustus, September, Oktober dan Nopember (Gambar 5).

Kelembaban relatif udara pagi (RH pagi) memiliki kisaran 79 - 90 persen, kelembaban relatif udara siang (RH siang) berkisar 43 - 66 persen, sedang kelembaban relatif udara sore (RH sore) 67 - 85 persen dan rata-rata tahunan kelembaban relatif udaranya antara 69 - 83 persen.



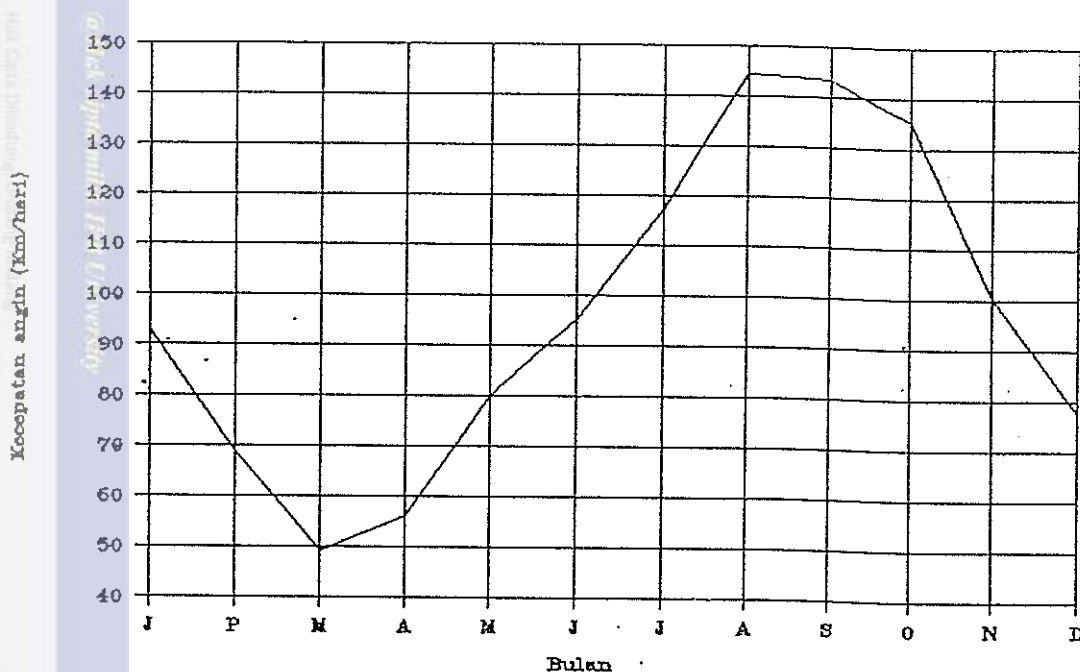
Gambar 5. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) kelembaban relatif udara pagi, siang, sore hari dan harian

Lama Penyinaran Surya. Lama penyinaran surya (%) yang tinggi cenderung terlihat pada bulan-bulan Agustus, September dan Oktober. Sedang lama penyinaran surya yang rendah cenderung terlihat pada bulan-bulan Desember, Januari dan Pebruari (Gambar 6). Kisaran lama penyinaran surya rata-rata di perkebunan adalah 45 - 57 persen.



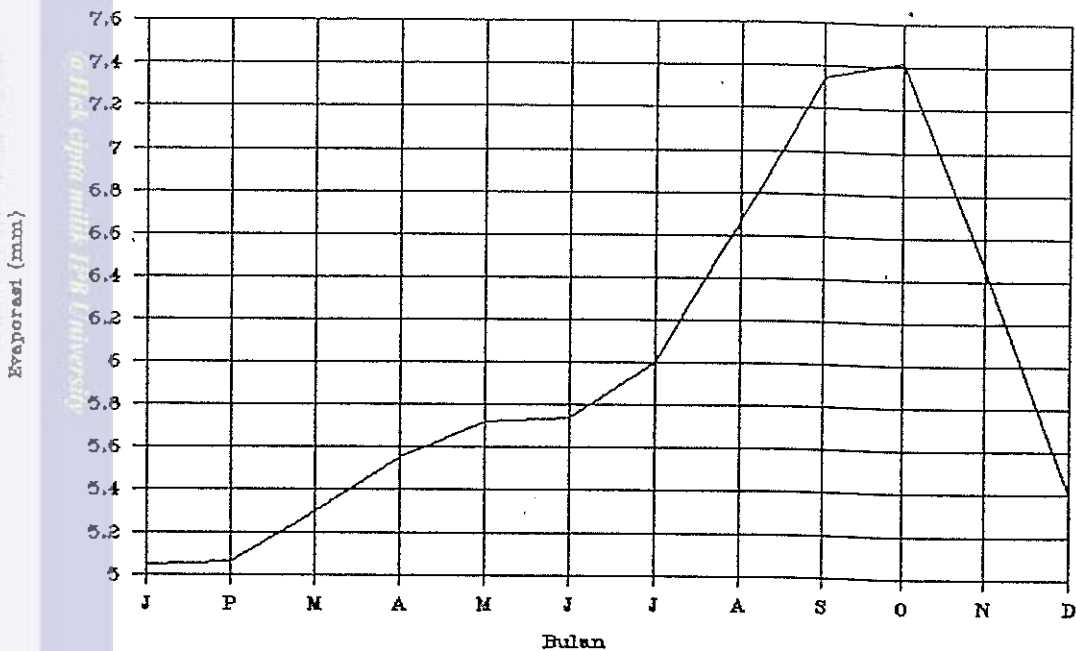
Gambar 6. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) lama penyinaran surya

Kecepatan Angin. Asembagus cenderung memiliki kecepatan angin yang rendah pada bulan-bulan Pebruari, Maret dan April. Sedang yang tinggi cenderung pada bulan-bulan Juni, Agustus, September dan Oktober (Gambar 7). Kisaran kecepatan angin adalah 49,3 - 144 km per hari.



Gambar 7. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) kecepatan angin terhadap bulan

Evaporasi. Evaporasi di wilayah perkebunan PG Asem-bagus memiliki kecenderungan tinggi pada bulan-bulan September dan Oktober, sedang cenderung rendah pada bulan Januari dan Pebruari (Gambar 8). Dan kisaran besar evaporasi adalah antara 5,05 - 7,42 mm per hari.



Gambar 8. Grafik pola sebaran rata-rata tahunan (tahun 1978-1990) evaporasi terhadap bulan

Berdasarkan 4 metode klasifikasi iklim (metode Koppen, Oldeman, Schmidt - Ferguson dan Mohr) daerah perkebunan PG Asembagus memiliki tipe iklim seperti berikut :

Klasifikasi Iklim Koppen. Koppen memakai suhu udara dan curah hujan sebagai landasan penentuan tipe iklim suatu daerah.

Berdasarkan klasifikasi iklim ini, Asembagus memiliki tipe iklim Aw', yaitu merupakan daerah iklim hujan tropis yang memiliki iklim panas dengan musim keringnya jatuh pada musim dingin dan jumlah curah hujan musim gugur

(Maret, April dan Mei) cenderung lebih besar dibandingkan dengan musim seminya (September, Oktober dan Nopember).

Klasifikasi Iklim Oldeman. Penentuan tipe iklimnya berpegang pada keberurutan bulan basah (≥ 200 mm) dan bulan kering (< 100 mm), suhu di abaikan.

Wilayah perkebunan PG Asembagus cenderung memiliki tipe iklim E_4 , yaitu daerah yang memiliki kurang dari 3 bulan basah berurutan dan lebih dari 6 bulan kering.

Klasifikasi Iklim Schmidt-Ferguson. Sistem Klasifikasi iklim ini memakai nisbah (rasio) bulan basah (> 100 mm) terhadap bulan kering (< 60 mm).

Secara umum, wilayah perkebunan PG Asembagus memiliki tipe iklim F. Dengan tipe iklim ini wilayah perkebunan PG Asembagus merupakan daerah sangat kering dengan distribusi bulan basah dan bulan kering tidak merata dan memiliki rata-rata bulan kering yang panjang setiap tahunnya.

Klasifikasi Iklim Mohr. Mohr mempertimbangkan jumlah bulan basah (≥ 100 mm) dan jumlah bulan kering (≤ 60 mm).

Berdasar klasifikasi iklim ini, perkebunan merupakan daerah yang kering kerontang (tipe iklim kelas I).

Berdasarkan sifat fisik tanahnya, perkebunan tebu PG Asembagus memiliki sifat-sifat seperti berikut :

Jenis Tanah. Pada umumnya; jenis-jenis tanah di wilayah perkebunan PG Asembagus terdiri dari : Alluvial (kelabu sangat tua, kelabu tua dan coklat tua), Regosol (coklat kelabu tua, coklat sangat tua, coklat tua dan

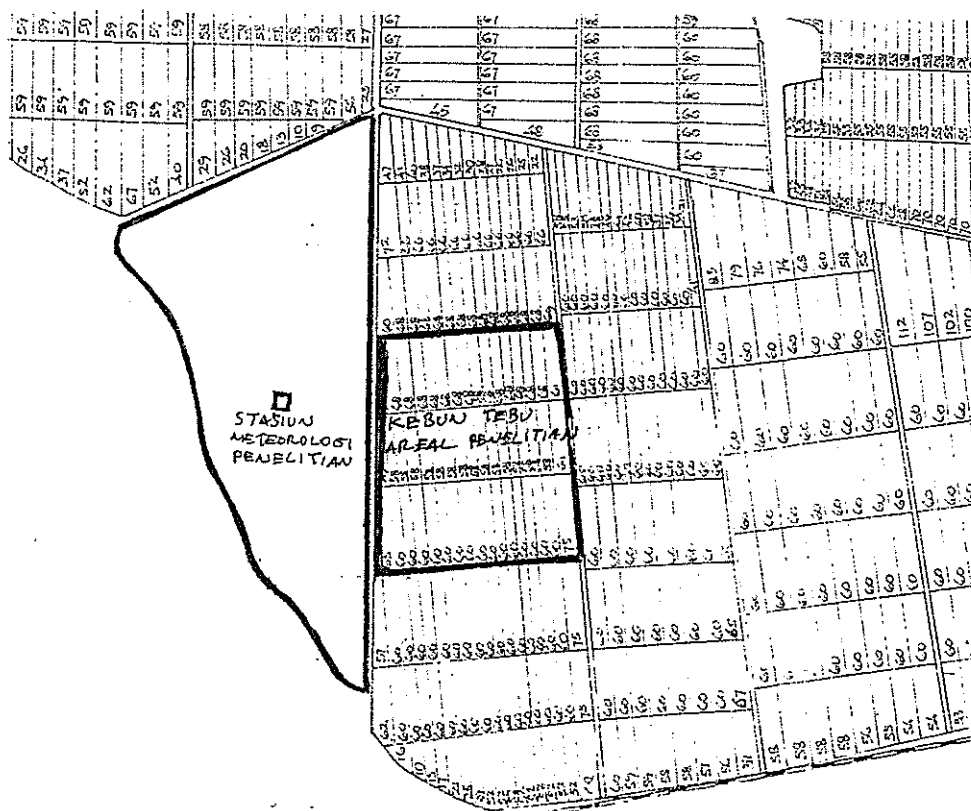
coklat tua kekuningan), Grumusol (coklat sangat tua dan coklat tua), Mediteran (coklat tua kemerahan dan coklat tua) dan Litosol coklat tua (gambar peta tanah semi detail areal PG Asembagus).

Sifat Pengolahan Tanah. Berdasarkan pengolahannya, tanah di wilayah perkebunan PG Asembagus bersifat sedang sampai berat sekali, baik untuk lapisan atas (top soil) maupun lapisan bawah (sub soil).

4.2 Kondisi Fisik Lokasi Penelitian

Secara geografis, lokasi penelitian terletak sekitar $7^{\circ}39'44''$ LS dan $114^{\circ}12'1''$ BT pada dataran rendah dengan ketinggian 55 m di atas permukaan laut di persil F1 (pada lampiran Gambar 1). Lokasi penelitian terletak di wilayah PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) PG Asembagus dengan luas kebun penelitian sekitar 7 hektar dengan luas lahan yang ditanami tebu sekitar 3 hektar dan luas lahan kosong tempat di mana instrumentasi cuaca dan tanah didirikan sekitar 4 hektar (Gambar 9).

Kondisi fisik tanah; tekstur tanahnya adalah 79% pasir, 13% debu dan 8% liat. Dari segitiga tekstur tanah termasuk jenis tanah pasir berlempung. Kapasitas lapang (KL) 190 mm/45 cm dan titik layu permanen (TLP) 92 mm/45 cm sehingga memiliki kapasitas simpan air (WHC) 98 mm/45 cm.



Gambar 9. Peta lokasi penelitian di mana letak kebun tebu dan instrumentasi cuaca berada.

Dari hasil pengamatan parameter-parameter cuaca di stasiun meteorologi (Gambar 10) tanggal 4 Mei - 20 Agustus 1991; kondisi cuaca lokasi penelitian adalah curah hujan 5 mm, hari hujan 1 hari, suhu udara berkisar $24,5 - 30,3^{\circ}\text{C}$, kelembaban relatif udara antara 61 - 85% kecepatan angin berkisar $120,8 - 389,3 \text{ km hari}^{-1}$ ($5,0 - 16,2 \text{ km jam}^{-1}$), lama penyinaran surya antara 3 - 5 jam dan panjang harinya sekitar 11,7 jam (lampiran Tabel 4 dan lampiran Gambar-gambar 3 - 11).



Gambar 10. Stasiun meteorologi pertanian areal penelitian

Dengan memperhatikan kondisi-kondisi iklim dan pengamatan parameter-parameter cuaca, kondisi cuaca lokasi penelitian telah memenuhi syarat untuk pertumbuhan optimum tebu kecuali curah hujan merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman sebagai sumber air.

Varietas tebu produktif yang ditanam dan dibudidayakan oleh PG Asembagus adalah PS 58, BZ 132, PS 56, BZ 148 dan BZ 117. Hama penggerek batang dan daun merupakan hama utama di kebun tebu. Penyakit tanaman di kebun tebu adalah mosaik, blendok dan pokahbung. Cara bercocok tanam yang diterapkan adalah cara reynoso (becer/sawah) dan cara bajak (tegalan).

Umur tebu saat mulai penelitian adalah sekitar 7 bulan dan umur tebu di akhir penelitian sekitar 10 bulan.



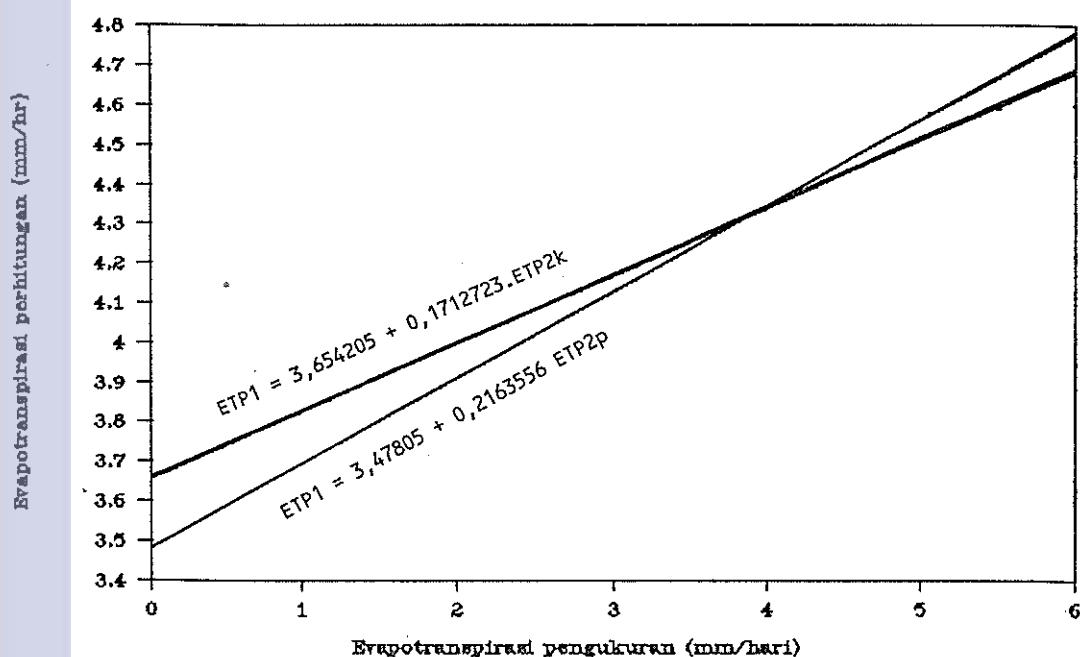
Gambar 11. Varietas tebu produktif yang ditanam dan dibudidayakan oleh PG Asembagus. Dari kiri ke kanan adalah Bz 117, Bz 132, Ps 56, Ps 58 dan Bz 148

4.3 Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial (ETP) menggambarkan laju evapotranspirasi maksimum di bawah pengelolaan irigasi dan agronomi secara optimum. Air yang diuapkan dari panci

kelas A adalah nilai laju evaporasi. Nilainya diperoleh dengan melihat angka mikrometer pancing yang mengukur taraf muka air atau dengan menambahkan air (\approx mm) sehingga tinggi muka air tetap.

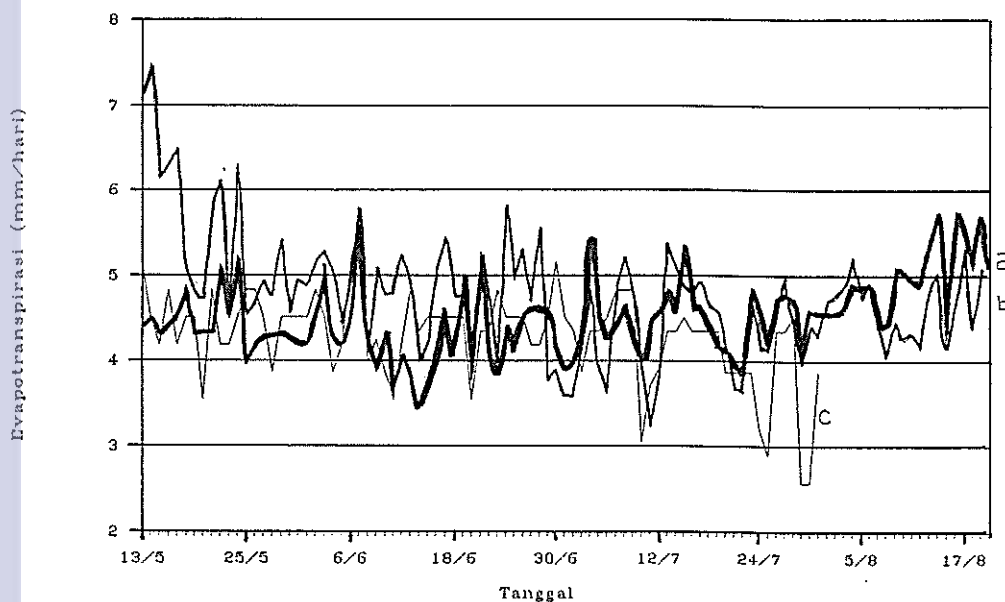
ETP2p dan ETP2k merupakan parameter yang digunakan sebagai pembanding hasil perhitungan ETP1 dalam upaya menduga laju ETP. Analisa regresi sederhana menunjukkan bahwa hubungan ini memiliki nilai koefisien determinasi (r^2) yaitu 11% dan 5%. Namun demikian kedua parameter ini sepadan dengan ETP1 (gambar 12), kenyataan ini memberikan gambaran bahwa dengan peningkatan kedua parameter tersebut dapat berarti peningkatan nilai ETP1.



Gambar 12. Grafik hubungan antara evapotranspirasi pengukuran langsung ETP2p (X1) & ETP2k (X2) dengan evapotranspirasi Penman dimodifikasi (ETP1=Y)

Hasil pengukuran ETP2p memiliki nilai r^2 lebih besar dibandingkan dengan pengukuran ETP2k karena pengukuran ETP2p diamati di stasiun cuaca penelitian, lokasi di mana pengamatan unsur-unsur cuaca dilakukan.

Gambar 13 menunjukkan kecenderungan nilai ETP1 memiliki nilai dengan kisaran yang tidak jauh berbeda dengan kedua ETP2 (untuk periode 13 Mei - 20 Agustus 1991). Hal ini memungkinkan laju ETP1 mendekati laju evapotranspirasi potensial di lapang hasil pengukuran langsung.



Gambar 13. Perkembangan ETP1 (—), ETP2p (—) dan ETP2k (---) terhadap perkembangan waktu

4.4 Hubungan Unsur Cuaca Dengan Evapotranspirasi Potensial

Berdasarkan hasil analisis regresi berganda empat (tabel 5 dan lampiran hasil analisis regresi halaman 98); suhu udara, kelembaban relatif udara, kecepatan angin dan lama penyinaran surya berkorelasi sangat nyata terhadap laju ETP1 ($r^2=77\%$ dan $P=0,00$).

Tabel 5. Persamaan regresi hubungan cuaca dengan ETP1 dan nilai koefisien determinasi (r^2)

Persamaan Regresi	Koefisien determinasi (r^2)
<u>Regresi sederhana</u>	(%)
$Y = 0,92 + 0,133 X_1$	$r^2 = 7$
$Y = 9,48 - 0,0683 X_2$	$r^2 = 46$
$Y = 2,88 + 0,00904 X_3$	$r^2 = 52$
$Y = 3,17 + 0,3 X_4$	$r^2 = 9$
<u>Regresi berganda dua</u>	
$Y = 5,89 + 0,1322 X_1 - 0,0682 X_2$	$r^2 = 54$
$Y = 0,52 + 0,0887 X_1 + 0,00873 X_3$	$r^2 = 55$
$Y = 0,38 + 0,11 X_1 + 0,257 X_4$	$r^2 = 14$
$Y = 6,61 - 0,0462 X_2 + 0,00664 X_3$	$r^2 = 69$
$Y = 8,25 - 0,0659 X_2 + 0,231 X_4$	$r^2 = 52$
$Y = 1,71 + 0,0887 X_3 + 0,264 X_4$	$r^2 = 59$
<u>Regresi berganda tiga</u>	
$Y = 4,09 + 0,101 X_1 - 0,0475 X_2 + 0,00622 X_3$	$r^2 = 74$
$Y = 5,36 + 0,115 X_1 - 0,0663 X_2 + 0,186 X_4$	$r^2 = 57$
$Y = 0,024 + 0,0676 X_1 + 0,00865 X_3 + 0,239 X_4$	$r^2 = 61$
$Y = 5,46 - 0,0438 X_2 + 0,00661 X_3 + 0,228 X_4$	$r^2 = 74$
<u>Regresi berganda empat</u>	
$Y = 3,52 + 0,083 X_1 - 0,0453 X_2 + 0,00627 X_3 + 0,194 X_4$	$r^2 = 77$

Keterangan : Y = ETP1 (evapotranspirasi Penman dimodifikasi, mm hari⁻¹)
 X_1 = Suhu udara harian (°C)
 X_2 = Kelembaban relatif udara harian (%)
 X_3 = Kecepatan angin (km hari⁻¹)
 X_4 = Lama penyinaran radiasi surya (jam hari⁻¹)

Kecepatan angin dan kelembaban relatif udara lebih berkorelasi terhadap ETP1 masing-masing ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (r^2) adalah 52% dan 46%. Dengan regresi berganda dua juga menunjukkan korelasi kecepatan angin dan kelembaban relatif udara yang lebih dominan ($r^2=69\%$) dari unsur cuaca lainnya.

Kecepatan angin. Laju evapotranspirasi dikendalikan oleh beberapa faktor, seperti : tahanan stomata masing-masing individu tanaman dan ketersediaan air tanah. Tebu dengan tingkat ketersediaan air tidak terbatas dapat memperlihatkan laju evapotranspirasi (ETP) berkorelasi positif ($r^2=52\%$) dengan kecepatan anginnya.

Apabila pengaruh suhu udara dianggap tetap maka makin tinggi kecepatan angin akan berkorelasi positif terhadap laju ETPnya ($r^2_{x_{3Y/X1}}=48\%$). Apabila pengaruh lama penyinaran surya dianggap tetap maka makin tinggi kecepatan angin akan berkorelasi positif terhadap ETP ($r^2_{x_{3Y/X4}}= 50\%$).

Demikian juga dengan perhitungan regresi berganda tiga, apabila pengaruh suhu udara dan lama penyinaran surya secara bersama dianggap tetap maka makin tinggi kecepatan angin akan berkorelasi positif terhadap ETP ($r^2_{x_{3Y/X1X4}}=46\%$). Hal ini dapat disebabkan massa udara yang bergerak di atas kebun tebu merupakan massa udara kering sehingga peningkatan kecepatan angin akan menyebabkan peningkatan kebutuhan air atmosfer.

Kelembaban relatif udara. Seperti pengaruh kecepatan angin melalui gerak udara dan turbulensi yang menggantikan udara dekat permukaan tajuk tanaman dan tanah dengan udara lebih kering (kelembaban relatif udara rendah) akan berpengaruh dalam meningkatkan ETP. Tebu dengan tingkat ketersediaan air tidak terbatas dapat memperlihatkan laju evapotranspirasi (ETP) berkorelasi negatif ($r^2=46\%$) dengan penurunan kelembaban relatif udara.

Apabila pengaruh suhu udara dianggap tetap maka makin rendah kelembaban relatif udara akan berkorelasi negatif terhadap besar laju ETP ($r^2_{x2y/x1}=46\%$). Apabila pengaruh lama penyinaran surya dianggap tetap maka makin rendah kecepatan angin akan berkorelasi negatif terhadap ETP ($r^2_{x2y/x4}=42\%$).

Demikian juga dengan perhitungan regresi berganda tiga, apabila pengaruh suhu udara dan lama penyinaran surya secara bersama dianggap tetap maka makin rendah kelembaban relatif udara akan berkorelasi negatif terhadap ETP ($r^2_{x2y/x1x4}=44\%$). Hal ini menggambarkan dengan penurunan kelembaban relatif udara berarti semakin besarnya kebutuhan air dalam bentuk uap air oleh atmosfer akibat adanya sejumlah uap air yang besar atau tekanan uap aktual yang berdekatan cenderung kecil sehingga massa udara yang berada di atas permukaan penguapan adalah kering.

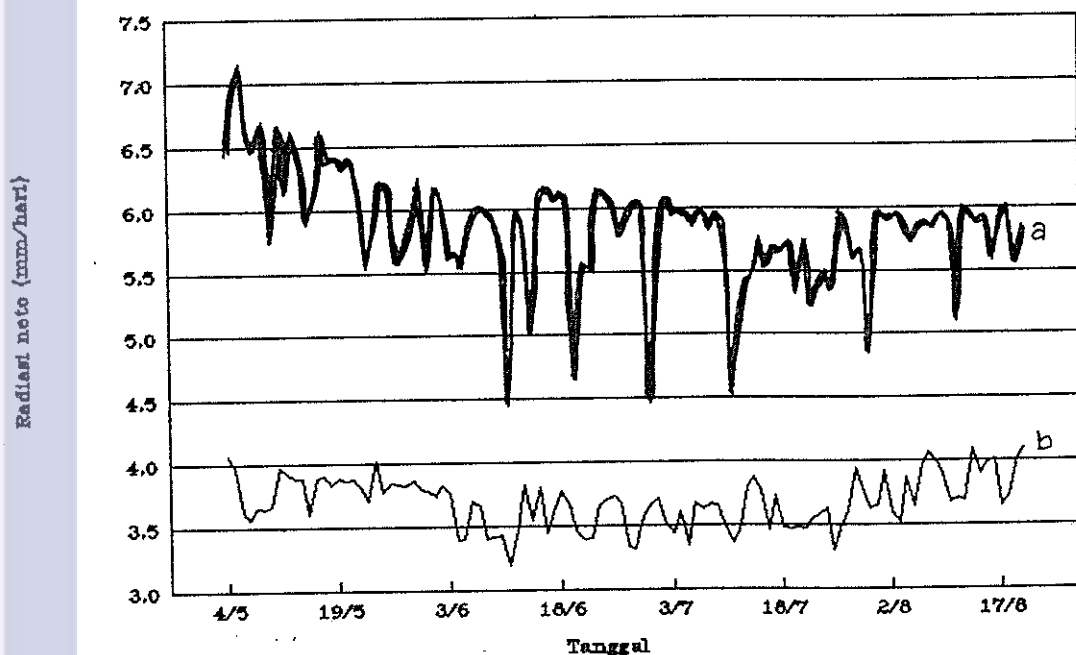
Suhu udara. Suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan daun, seperti perubahan warna dan kebakaran.

Perubahan warna terjadi akibat rusaknya sel-sel hijau daun. Sedang dalam kaitannya dengan laju evapotranspirasi, kebakaran daun merupakan akibat dari laju evaporasi atau transpirasi yang berlebihan. Laju evapotranspirasi dapat berjalan dengan kecepatan tinggi pada suhu udara tinggi hingga absorpsi air tidak dapat mengimbangi laju transpirasi daun. Jika kekurangan air dalam memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, protoplasma akan mengering dan daun menjadi layu serta sel-sel akan mati. Tanaman dengan tingkat ketersediaan air tidak terbatas dapat memperlihatkan laju evapotranspirasi (ETP) berkorelasi positif ($r^2=7\%$) dengan peningkatan suhu udara.

Lama penyinaran surya. Radiasi surya yang jatuh di atas tanaman memiliki pengaruh yang jelas pada tanaman hijau dalam menentukan kecepatan pertumbuhan. Pada suatu periode kritis dari pertumbuhan, tingkat energi yang tinggi dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan pembakaran. Hal ini mungkin terjadi apabila air tersedia tidak tercukupi. Tanaman dengan tingkat ketersediaan air tidak terbatas dapat memperlihatkan laju evapotranspirasi (ETP) berkorelasi positif ($r^2=9\%$) dengan peningkatan lama penyinaran surya.

Radiasi neto. Radiasi neto adalah radiasi surya yang diterima permukaan bumi setelah mengalami proses-proses penyerapan, pembauran dan pemantulan.

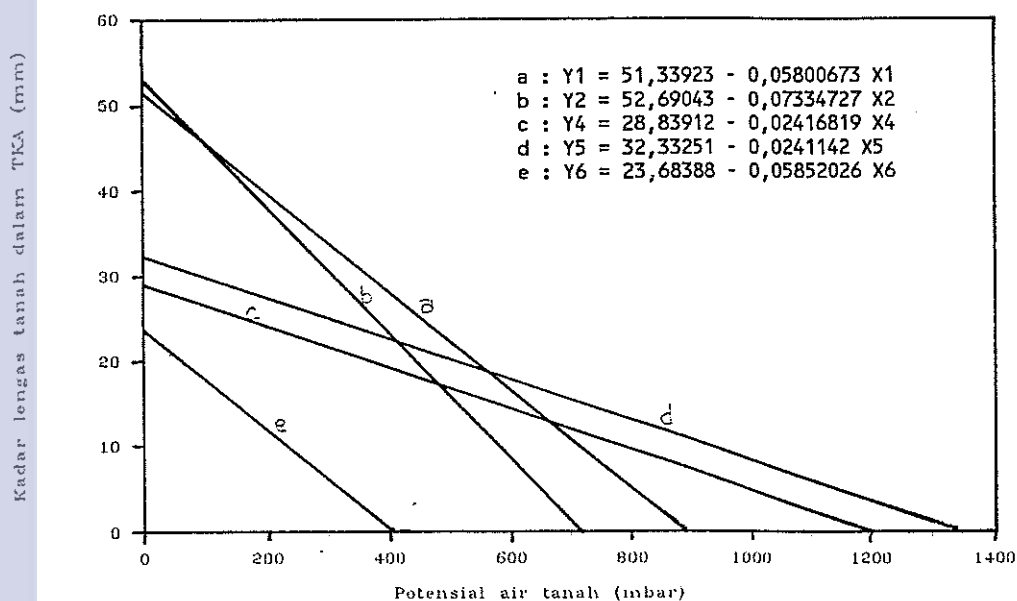
Radiasi neto hasil pengukuran net radiometer, nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan hasil perhitungan (gambar 14) dan hasil analisa regresi menunjukkan $r^2=54\%$. Banyak faktor yang mempengaruhinya, di antaranya adalah sifat pengukurannya dilakukan sesaat (temporal), yakni total pengamatan setiap 15 menit, maka kondisinya menunjukkan besar radiasi neto sesaat bukan bersinambungan (kontinu).



Gambar 14. Perkembangan radiasi neto hasil pengukuran (—) dan hasil perhitungan (—) terhadap perkembangan waktu

4.5 Potensial Air Tanah

Perubahan potensial air tanah menunjukkan kemampuan hisapan matriks tanah akibat adanya perbedaan energi potensial sehingga nilainya setara dengan potensial hisapan matriks tanah. Potensial matriks merupakan hasil gaya kapiler dan gaya jerapan yang diakibatkan oleh matriks tanah. Perubahan potensial air tanah berkorelasi negatif terhadap kadar lengas tanah (gambar 15).



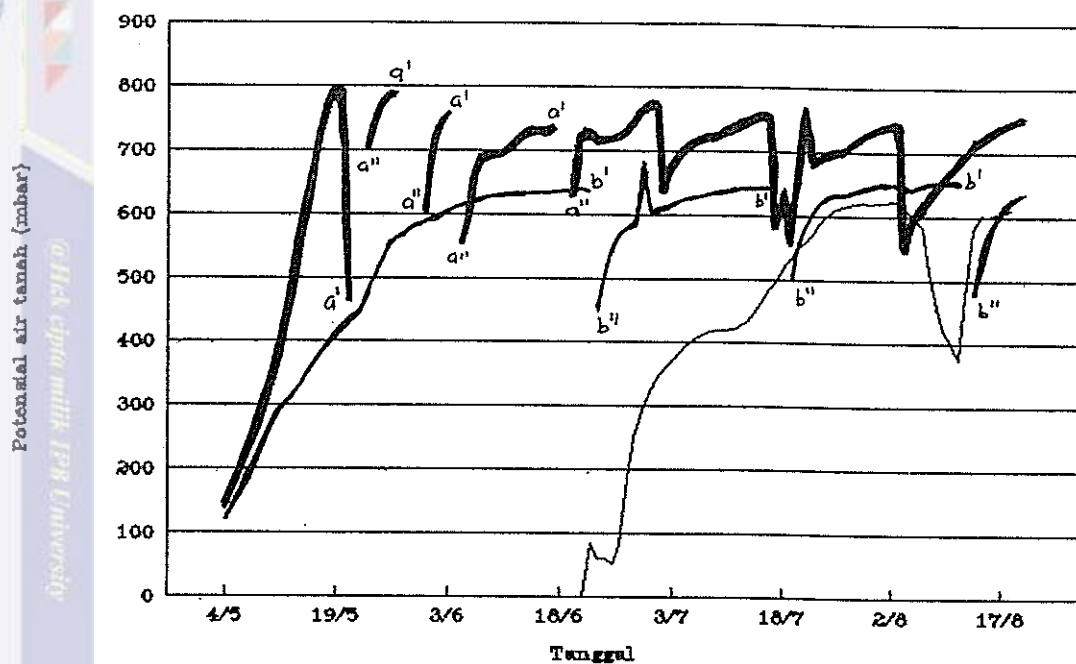
Gambar 15. Grafik hubungan potensial air tanah (mbar) dengan kadar lengas tanah dalam tinggi kolom air (mm).

Keterangan :

Y1 dan Y2 secara berurutan adalah kadar lengas tanah stasiun cuaca penelitian pada kedalaman 15 dan 30 cm, sedang X1 dan X2 potensial air tanah hasil pengukuran. Y4, Y5 dan Y6 secara berurutan adalah kadar lengas tanah di kebun-tebu pada kedalaman 15, 30 dan 45 cm; sedang X4, X5 dan X6 adalah potensial air tanahnya

Pengaruh peningkatan potensial air tanah (mbar) sepadan dengan penurunan kadar lengas tanah (mm) dan secara tidak langsung berarti penurunan ketersediaan air di dalam tanah. Sebaliknya apabila terjadi penurunan potensial air tanah, jumlah air tersedia meningkat disebabkan adanya penambahan air. Penambahan air dapat berasal dari hujan, irigasi, embun, air kapiler dari lapisan di bawahnya dan air gravitasi dari lapisan di atasnya. Maka hasil pengukuran tensiometer menunjukkan status ketersediaan air di dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan air.

Hasil pengukuran potensial air tanah dengan tensiometer, untuk semua profil tanah menunjukkan kecenderungan penurunan potensial air tanah dengan kedalaman lapisan tanah (gambar 16). Hal ini menggambarkan lapisan paling atas lebih awal menyediakan air dalam bentuk uap air untuk mengimbangi kebutuhan air atmosfer. Sedang untuk lapisan lebih dalam merupakan penyedia air untuk lapisan di atasnya. Kenyataan ini menjelaskan adanya pergerakan air dari lapisan tanah.



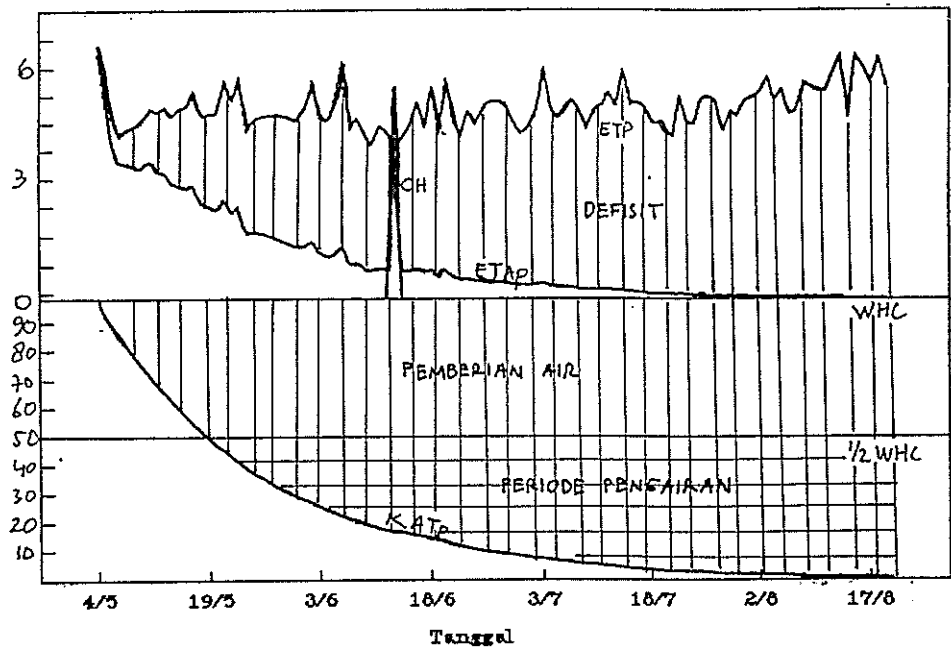
Gambar 16. Perkembangan potensial air tanah hasil pengukuran pada kedalaman 15 cm (—), 30 cm (—) dan 45 cm (—) di stasiun cuaca penelitian terhadap perkembangan waktu (pengamatan pukul 17.00 WIB)

Keterangan : a' ke a'' atau b' ke b'' merupakan periode di mana tensiometer dilakukan kalibrasi, karena kondisi lengas tanah yang terlalu kering (batas bawah kemampuan alat adalah 650 mbar).

4.6 Neraca Air Harian

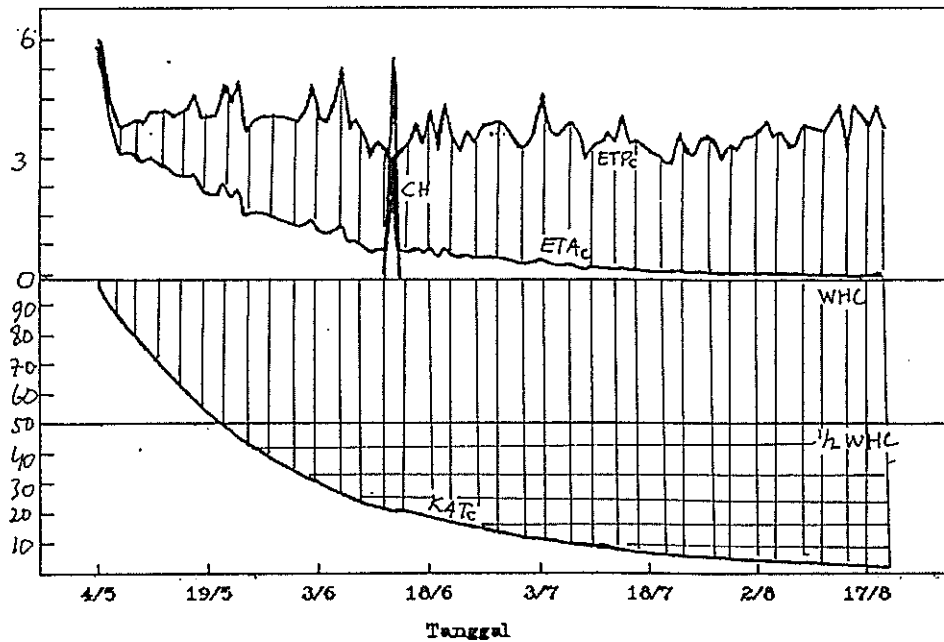
Dengan prosedur tatabuku dapat dihitung neraca air lahan dan neraca air pertanaman tebu harian seperti disajikan pada lampiran Tabel 4.

Neraca air lahan merupakan suatu rincian tentang semua masukan, keluaran dan simpanan air yang terdapat pada suatu lahan dalam lingkungan tertentu selama periode waktu tertentu (gambar 17).



Gambar 17. Pola perkembangan neraca air lahan harian kebun tebu PG Asembagus (WHC = 98 mm/45 cm) terhadap perkembangan waktu

Neraca air pertanian tebu merupakan kelanjutan model neraca air lahan dengan memasukkan koefisien tanaman (kc). Model neraca air ini mempunyai manfaat dalam meningkatkan efesien pemberian irigasi atau siraman (gambar 18).



Gambar 18. Pola perkembangan neraca air pertanaman tebu harian kebun tebu PG Asembagus ($WHC = 98 \text{ mm}$) terhadap perkembangan waktu

Secara tidak langsung, kedua model neraca air ini digunakan untuk menentukan besar ketersediaan air tanah atau menunjukkan status kelengsaan tanah baik dalam kondisi berlebih (surplus) atau kekurangan (defisit).

Ketersediaan air tanah. Air tersedia merupakan jumlah air yang terdapat antara titik layu permanen dan kapasitas lapang, besarnya ditentukan oleh sifat fisik dan kedalaman tanah. Ketersediaan air tanah dipengaruhi oleh faktor yang bersifat meningkatkan dan menurunkan. Faktor meningkatkan adalah masukan air hujan dan irigasi. Faktor

menurunkan adalah berupa kehilangan air melalui rembesan, penguapan dan penggunaan air untuk proses fisiologi tebu.

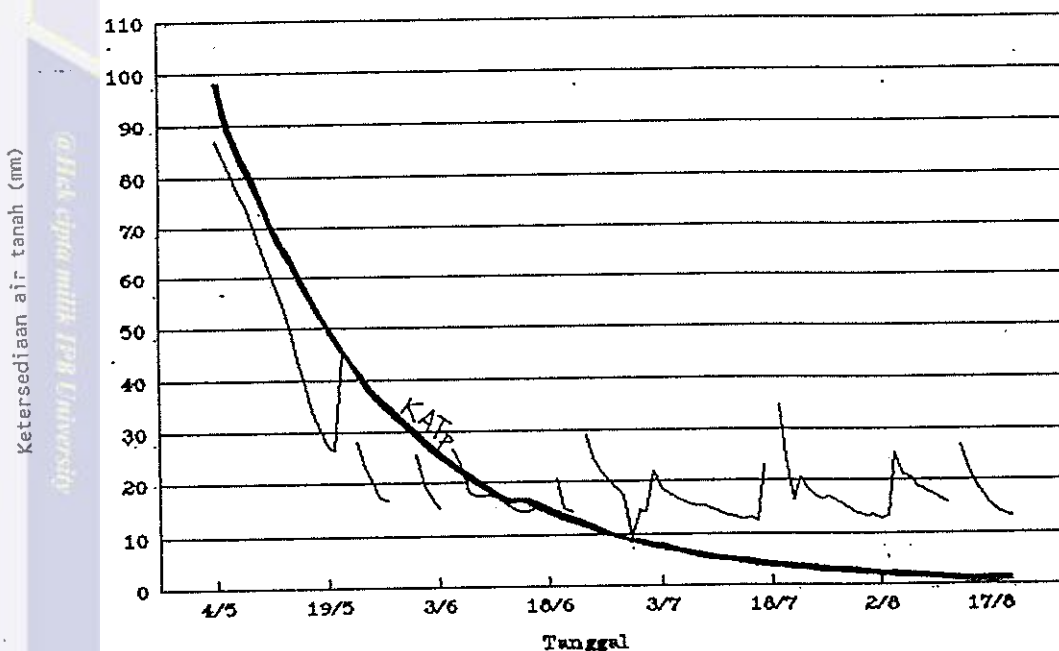
Kondisi ketersediaan air tanah yang rendah dapat membatasi kecepatan pengisapan air ke permukaan tanaman dan tanah sehingga kehilangan air melalui evapotranspirasi menurun. Apabila kondisi ini berlangsung lama, tebu akan tanggap terhadap kondisi ini dengan menutup stomata dan akhirnya terjadi kelayuan karena kebutuhan air ditentukan oleh penggunaan simpanan air yang tersedia di dalam tanah.

Untuk menentukan besar ketersediaan air tanah, Thornthwaite dan Mather (1957) menganjurkan untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanahnya (batas KL, batas TLP, tekstur tanah dan bahan organik). Keterangan tentang sifat fisik tanah penting untuk mengetahui kapasitas menahan air (Water Holding Capacity, WHC) atau kemampuan tanah dalam menyimpan air secara maksimum. Kemampuan tersebut memberikan gambaran sampai sejauh mana tanah memerlukan air dan dalam jumlah berapa air tersebut akan berlebih.

Selama selang waktu 5 Mei - 20 Agustus 1991, kejadian hujan hanya terjadi sekali (14 Juni), hal ini merupakan faktor yang mempercepat proses pengeringan tanah akibat proses evapotranspirasi. Karena air merupakan komponen yang paling dibutuhkan dan sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan tebu sehingga pada periode di mana masukan (curah hujan) tidak mampu menyediakan sejumlah air maka laju evapotranspirasi aktualnya menurun.

Pada gambar 17 dan 18 terlihat kecenderungan penurunan ketersediaan air tanah yang cepat dengan tanpa adanya penambahan air (hujan atau siraman). Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kurva KAT, baik ketersediaan air tanah (KATp, gradiennya = $-4,551624446 \cdot \exp[-0,0444 \cdot X]$ mm hari⁻¹) yang digunakan untuk proses evapotranspirasi aktual lahan maupun KATc (gradiennya = $-3,051580751 \cdot \exp[0,0339 \cdot X]$ mm hari⁻¹) yang di gunakan untuk proses evapotranspirasi aktual tanaman. Sehingga untuk periode-periode di mana tanaman membutuhkan air untuk mengimbangi laju ETP dan proses fisiologi tanaman perlu adanya perlakuan irigasi untuk proses pertumbuhannya.

Perkembangan ketersediaan air tanah (KAT) hasil perhitungan neraca air lahan atau pertanaman tebu harian menunjukkan perkembangan yang sepadan dengan KAT hasil pengukuran potensial air tanah di lapang dengan alat tensiometer (gambar 19) dengan r^2 -nya 69%. Kondisi ini cenderung menggambarkan perkembangan KAT hasil perhitungan seiring dengan hasil pengukuran di lapang. Hal ini, memungkinkan untuk menduga ketersediaan air tanah dengan prosedur neraca air harian.



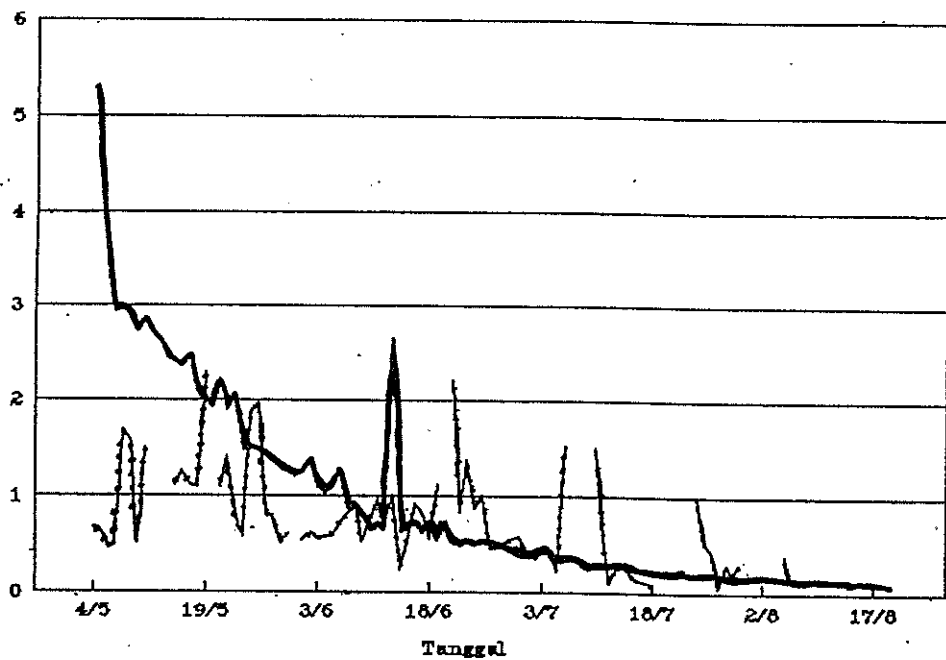
Gambar 19. Perkembangan ketersediaan air tanah (KAT) dari hasil perhitungan neraca air lahan harian dan hasil pengukuran tensiometer di kebun tebu PG Asembagus (WHC = 98 mm/45 cm) terhadap waktu

Kebutuhan air. Kebutuhan air merupakan sejumlah air yang dibutuhkan dalam suatu proses yang berkaitan dengan penggunaan air yang maksimum. Untuk kebutuhan air tanaman tebu, kebutuhan air ini merupakan sejumlah air yang dibutuhkan untuk mendorong proses pertumbuhan tanaman tebu. Doorenbos dan Pruitt (1977) menambahkan bahwa kebutuhan air tanaman adalah kebutuhan air atmosfer untuk mengimbangi laju evapotranspirasi potensialnya. Untuk penggunaan air tanaman yang terjadi dikenal dengan istilah laju evapotranspirasi aktual (ETA) dan kondisi ini tercapai pada saat air tersedia di dalam tanah rendah ($< \text{WHC}$).

Eagleman dan Decker (1965 dalam Eagleman, 1967) menjelaskan bahwa laju evapotranspirasi aktual saat mencapai potensial hanya terjadi dalam waktu pendek selama musim panas di bawah kondisi pengairan. Apabila tanpa pengairan, evapotranspirasi aktual akan lebih kecil dari potensial dengan kata lain laju evapotranspirasi aktual lebih rendah dari laju evapotranspirasi potensialnya.

Evapotranspirasi aktual lahan (ETA) maupun evapotranspirasi aktual tanaman (ETAc), menunjukkan semakin rendahnya penggunaan air tersedia di dalam tanah (gambar 17 dan 18). Hal ini disebabkan jumlah air yang tersedia di dalam tanah semakin rendah (semakin rendahnya KATp dan KATc) akibat tegangan lengas tanah membatasi kecepatan pengisapan air kepermukaan tanaman dan tanah. Kenyataan ini menyebabkan kebutuhan air untuk mencapai kondisi yang maksimum (ETP dan ETPc-nya) semakin tinggi. Untuk periode yang lama, kondisi ini memerlukan penanganan yang serius untuk mengusahakan tanaman terhindar dari kekeringan, seperti pemberian air melalui irigasi (air siraman).

Laju evapotranspirasi aktual tanaman (ETAc) sepadan dengan laju evapotranspirasi aktual hasil pengukuran tensiometer dengan mempertimbangkan perubahan potensial air tanah yang terjadi merupakan akibat proses evapotranspirasi (gambar 20). Kondisi ini menunjukkan pendugaan laju evapotranspirasi hasil perhitungan mendekati nilai laju di lapang.

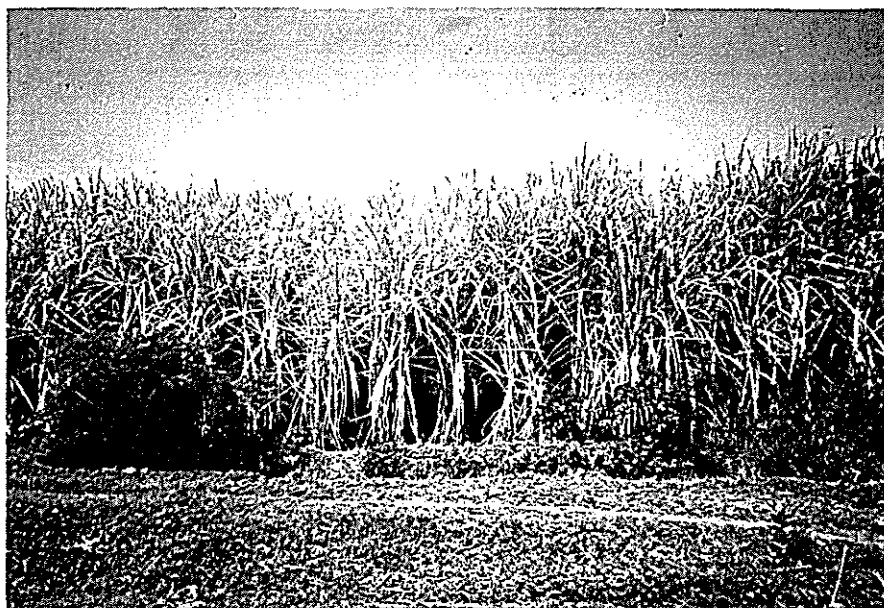


Gambar 20. Perkembangan laju evapotranspirasi aktual hasil perhitungan (—) dan pengukuran tensiometer (---) terhadap perkembangan waktu

Defisit. Apabila curah hujan atau air irigasi kurang dari kebutuhan air evapotranspirasi potensialnya maka ketersediaan air tanah akan berkurang. Untuk periode yang lama kekurangan air tersedia ini akan menjadi defisit air dan perlu penambahan air hingga tepat mencapai kebutuhan air evapotranspirasi potensialnya. Dengan demikian nilai defisit terletak antara ETP dan ETAp atau ETPc dan ETAc.

Selama jangka waktu yang lama, jumlah air yang tersedia sedikit akan berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman dengan gejala kekeringan tanaman (gambar 21) sampai akhirnya tanaman layu dan mati. Gejala ini dapat

dicegah dengan penambahan air sebelum air tersedia dalam keadaan kritis bagi tanaman.



Gambar 21. Tanaman tebu yang mengalami kekeringan akibat kekurangan air yang berkepanjangan (Agustus 1991)

Gambar 17 dan 18 menunjukkan periode defisit yang lama di kebun tebu dan terlihat kecenderungan peningkatan defisit terhadap waktu. Hal ini berarti semakin tingginya kekurangan air untuk pertanaman tebu.

Surplus. Apabila curah hujan dan air irigasi melebihi kebutuhan air evapotranspirasi maka kelebihan lengas tanah akan menjadi surplus dan hilang dari permukaan tanah dengan limpasan (run off), sedang periode berikutnya kehilangan air berlebih akan terjadi akibat gaya gravitasi.

Selama jangka waktu yang lama, air berlebih dipertahankan dalam jumlah yang besar (pemberian irigasi atau

kejadian hujan terus-menerus) akan berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman tebu akibat pengisian ruang pori makro, sebagai media pertukaran gas udara (CO_2 dan O_2). Sehingga daerah perakaran memiliki aerasi yang buruk dan dapat berpengaruh terhadap pembusukan akar tanaman.

Kondisi dengan periode hujan yang pendek (curah hujan 5 mm pada tanggal 14 Juni 1991), kebun tebu di lokasi penelitian tidak memiliki periode kelebihan air (surplus), lihat lampiran tabel 4 kolom SUR.

Pada daerah-daerah kering, kondisi air berlebih (surplus) dari curah hujan selama jangka waktu tertentu dapat mempertahankan ketersediaan air tanah yang tinggi. Sehingga dapat menunda pemberian air melalui irigasi.

Pemberian air. Pemberian air (irigasi) merupakan tindakan yang perlu diambil untuk menghindari tebu dari kekeringan yang dapat berpengaruh buruk terhadap pertumbuhannya dan biasanya dilaksanakan untuk daerah-daerah tebu yang beririgasi. Mascaro (1962 dalam Muhali, 1974) mendapatkan penurunan pertumbuhan tebu pada waktu air tersedia berkurang sebanyak 60% WHC. Dengan pertimbangan pengurangan air tersedia 60% WHC maka tebu sebaiknya diairi setelah air tersedia berkurang sebanyak 50% WHC.

Untuk lahan tebu tadah hujan, kebun-kebun tebu yang menunjukkan gejala kekeringan pada musim kemarau dilakukan penebangan secepatnya untuk menghindari pengaruh buruk terhadap hasil produksi (rendemen).

Dengan mempertimbangkan neraca air di atas, kebutuhan air untuk mengimbangi evapotranspirasi tidak mencapai maksimum sehingga ETA-nya lebih rendah dari ETP. Dengan demikian pada tanggal sekitar 19 - 21 Mei 1991 ($KATp = 49,5$ mm dan $KATc = 49,8$ mm) merupakan jadwal pemberian air melalui irigasi. Nilai $KATp$ (49,5 mm) dan $KATc$ (49,8 mm) ini merupakan penurunan air tersedia 50% WHC. Oleh karena itu, selang pemberian airnya adalah sekitar 14 hari (5 Mei - 19 Mei 1991) dan 16 hari (5 Mei - 21 Mei 1991) untuk menghindari air mencapai penurunan 60% WHC dan besar pemberian airnya adalah $50\% \text{ WHC} \times 1 \text{ ha}$ atau sekitar $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ 15 hari}^{-1}$ atau sekitar 50 mm/15 hari (3 mm hari^{-1}).

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan letak geografinya ($7^{\circ}39'44''$ LS dan $114^{\circ}12'1''$ BT), ketinggian 0 - 100 m dpl dan kondisi iklimnya serta didukung dengan data hasil penelitian 4 Mei - 20 Agustus 1991 (kondisi cuaca 4 Mei - 20 Agustus 1991 adalah jumlah curah hujan 5 mm, jumlah hari hujan 1 hari, suhu udara memiliki kisaran $24,5 - 30,3^{\circ}\text{C}$, kelembaban relatif udara antara 61 - 88%, kecepatan angin berkisar $120,8 - 389,3 \text{ km hari}^{-1}$ atau $5,0 - 16,2 \text{ km jam}^{-1}$ dan kisaran lama penyinaran surya harian 3 - 5 jam) kondisi cuaca lokasi penelitian telah memenuhi syarat tumbuh tebu kecuali jumlah dan distribusi curah hujan sebagai kendala utama ketersediaan air tanah bagi tanaman. Di tinjau dari analisis regresi berganda empat; suhu udara, kecepatan angin kelembaban relatif udara dan lama penyinaran surya berkorelasi sangat nyata terhadap laju evapotranspirasi potensialnya ($r^2=77\%$ dan $P=0,00$) untuk kondisi ketersediaan air tanah tidak terbatas. Secara nyata ($P=0,00$), kecepatan angin dan kelembaban relatif udara berkorelasi dominan terhadap laju ETP-nya ($r^2=69\%$).

Nilai Evapotranspirasi potensial Penman dimodifikasi (ETP1) memiliki kisaran tidak jauh berbeda dengan evapotranspirasi potensial panci kelas A di lokasi

penelitian (ETP2p) dan di Kebun Percobaan Asembagus-BALITTAS (ETP2k), yaitu antara 0 - 3 mm hari⁻¹.

Di lokasi penelitian, potensial air tanahnya tinggi mencapai 800 mbar dan kadar lengas tanahnya rendah mencapai 5 mm untuk kedalaman perakaran 0 - 15 cm, 7 mm untuk kedalaman 15 - 30 cm dan 6 mm untuk kedalaman 30 - 45 cm.

Dari analisa neraca air dan sifat fisik tanahnya adalah tekstur tanah 79% pasir, 13% debu dan 8% liat serta WHC 98 mm/45 cm dari kapasitas lapang 190 mm/45 cm dan titik layu permanen 92 mm/45 cm; ketersediaan air tanah lokasi penelitian mengalami penurunan yang cepat tanpa adanya penambahan air baik dari air hujan maupun irigasi pada tanggal 4 Mei - 20 Agustus 1991 (gradiennya masing-masing untuk KATp dan KATc adalah $-5.\exp[-0,04.X]$ mm hari⁻¹ dan $-3.\exp[-0,03.X]$ mm hari⁻¹, di mana X = hari). Selama periode tersebut, laju evapotranspirasi aktualnya mengalami penurunan terhadap waktu (gradien penurunan ETA-nya masing-masing untuk ETAp dan ETPc adalah $-0,2.\exp[-0,04.X]$ mm hari⁻¹ dan $-0,1.\exp[-0,04.X]$ mm hari⁻¹ di mana X = hari). Oleh karena itu, status penggunaan air tersedia oleh tebu dalam jumlah yang semakin rendah mencapai 0 mm pada tanggal 20 Agustus 1991.

Ditinjau dari analisis regresi sederhana menunjukkan perkembangan ketersediaan air tanah (KAT) hasil perhitungan neraca air sepadan dengan perkembangan keter-

sediaan air tanah hasil pengukuran potensial air tanah ($r^2=69\%$).

Kebun tebu lokasi penelitian memiliki periode kekurangan air untuk selang waktu 4 Mei - 20 Agustus 1991 dengan penurunan ketersediaan air tanah mencapai lebih besar dari 50% WHC pada tanggal sekitar 19 - 20 Mei 1991 dengan tanpa adanya periode kelebihan air. Selama itu, banyak rumpun tebu di lokasi penelitian menunjukkan gejala kekeringan pada luasan lahan 3 hektar.

Dari pertimbangan pengurangan air tersedia 50% WHC dan analisa neraca air, kebun tebu PG Asembagus memiliki selang waktu pemberian air sekitar 14 - 16 hari. Besar air yang diberikan ditentukan oleh fase pertumbuhan dan cuaca. Dari pengaruh sifat fisik tanahnya dalam kajian neraca air, kebun tebu memiliki tingkat kebutuhan air yang besar, yaitu $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ atau sekitar 3 mm hari^{-1} .

5.2 Saran.

Dengan kajian neraca air harian serta kondisi potensial air tanahnya tinggi dan kadar lengas tanah rendah, kebun tebu PG Asembagus memiliki kebutuhan air bagi tanaman dalam jumlah besar dengan periode kekurangan air yang berkepanjangan. Maka saran yang perlu disampaikan adalah PG Asembagus harus memperhatikan pengawasan dan pengelolaan irigasi yang baik serta didukung penerapan teknik budidaya tebu untuk menghindari kegagalan panen dan produksi akibat kekeringan.

Dari model-model pendugaan evapotranspirasi potensial dalam upaya menduga besar kebutuhan air maksimum masih terdapat kelemahan-kelemahan, yaitu belum memasukkan parameter tahanan stomata (r_s) dan tahanan aerodinamik (r_a) dalam persamaan evapotranspirasi Penman dimodifikasi. Untuk itu perlu memperhitungkan kedua parameter tersebut dengan harapan bisa melihat pengaruh dan hubungan langsung tahanan stomata dan tahanan aerodinamik terhadap laju evapotranspirasi potensial dengan analisis dan uji statistik.

Selain itu ada kelemahan lain dalam penelitian ini, berkaitan dengan pengukuran potensial air tanah dalam menduga kadar lengas tanah dengan menggunakan tensiometer. Ternyata dari hasil penelitian menunjukkan hasil yang kurang baik dengan pengukuran alat tersebut. Hal ini

ditunjukkan dengan seringnya melakukan kalibrasi alat disebabkan kondisi lengas tanah yang terlalu kering. Maka dianjurkan untuk mencari alternatif lain untuk pendugaan kadar lengas tanah.

Penelitian kajian neraca pertanaman tebu ini dilaksanakan bertepatan dengan musim kemarau dengan selang waktu pengamatan (4 Mei - 20 Agustus 1991) di mana kondisi air tanah yang kering dengan periode hari hujan sekali. Maka perlu didukung dengan penelitian mengenai neraca air lebih lanjut pada saat musim hujan untuk mendapatkan informasi mengenai ketersediaan air tanah, sehingga bisa membandingkan kondisi ketersediaan air tanah pada musim kemarau dengan musim hujan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agus, V.P. 1992. Peranan Meteorologi Pertanian Pada Pengelolaan Air Dan Produksi Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) Di PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO) PG Asembagus Situbondo Jawa Timur. Laporan Telaah Lapang. Tidak Dipublikasikan. Bogor. 123p.
- Anonymous. 1986^a. Penuntun Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, IPB. Bogor. pp:3-21
- Anonymous. 1986^b. Laporan Pemetaan Tanah Areal PG Asembagus. Bidang Tanah dan Air. Kantor Urusan Percobaan PT Perkebunan XXIV-XXV (PERSERO). Jatiroto. 104p.
- Blantran de Rozari, M. 1987. Bahan Kuliah Mikro-klimatologi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA - IPB. Bogor. 149p.
- Manan, M.E., Nursiwan, M.A., dan Soedarsono. 1986. Alat Pengukur Cuaca di Stasiun Klimatologi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB. Bogor. 116p.
- Chambers, R.E. 1977. Klimatologi Pertanian Dasar. Proyek Peningkatan/Pengembangan Perguruan Tinggi, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 101p.
- Chang, Cen-Hua. 1968. Climate and Agriculture : an Ecological Survey. Aldine Publishing Company. Chicago. 304p.
- Doorenbos, J. dan Kassam, A.H. 1979. Yield Response to Water. Food And Agriculture Organization of The United Nations. No. 33. Rome. 193p.
- Doorenbos, J. dan Pruitt, W.O. 1975. Crop Water Requirements. Food And Agriculture Organization of The United Nations. No. 24. Rome. 179p.
- _____. 1977. Crop Water Requirements. Revised. Food And Agriculture Organization of The United Nations. No. 24. Rome. 144p.
- Eagleman, Joe R. 1967. Pan Evaporation, Potensial and Actual Evapotranspiration. J. Appl. Meteorol. 8(6):482-488.

- Fleagle, R.G. dan Businger, Joost A. 1980. An Introduction to Atmospheric Physics. Academic Press. New York. 434p.
- Israelsen, O.W. dan Hansen, V.E. 1962. Irrigation Principle and Practices. John Wiley and Sons, Inc. New York-London-Sydney. 447p.
- Kisdarto. 1979. Tinjauan Terhadap Metode Penghitungan Evapotranspirasi Potensial. Simposium Meteorologi Pertanian. Bogor. 32p
- _____. 1974. Tinjauan Terhadap Metode Penghitungan Evapotranspirasi Potensial. Simposium Meteorologi Pertanian. Bogor. 32p.
- Pramudia, A. 1989. Perhitungan Neraca Air Tanah Untuk Membuat Perencanaan Musim Tanam Kedelai (Glycine max L. Merr) di Kecamatan Sagaranten Sukabumi. Tidak Dipublikasikan. Bogor. 121p.
- Landasong Tadjang, M.H. 1980. Penelitian Curah Hujan dan Neraca Air Tanah Untuk Pertanian Tanah Kering pada Dua Lokasi di Sulawesi Selatan. Tidak dipublikasikan. Bogor. 106p.
- Liou, Kuo-Nan. 1980. An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press. New York. 392p.
- Mubien, B. 1990. Pengaruh Penekanan Pemberian Air Terhadap Laju Transpirasi Pada Tanaman Tebu. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Pasuruan. 10p.
- _____. 1983. Cara Menentukan Bulan Kering-Basah dalam Hubungannya dengan Budidaya Tebu di Daerah Pasuruan. Proceedings Pertemuan Teknis Tahun 1983. Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula. Pasuruan. pp:179-185.
- Muhali, I. 1974. Bagaimana Menetapkan Jumlah Air dan Waktu Pengairan Pada Kebun Tebu. Pertemuan Teknis Tengah Tahunan II/1974 Tgl 5-6 Nopember 1974 di BP3G. Pasuruan
- Muntako, F. 1986. Mempelajari Beberapa Aspek Agroklimat Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) di perkebunan Pabrik Gula Tersana Baru, PTP XIV - Cirebon. Laporan Telaah Lapang. Tidak dipublikasikan. Bogor. 113p.

- Murdiyarso, D. 1980. Diktat Pengantar Hidrometeorologi. Jurusan Agrometeorologi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- _____. 1988. Penuntun Praktikum Hidrometeorologi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor. Bogor. pp:1-3 dan 8-10.
- Nasir, A.A. 1990. Metode Neraca Air Untuk Perencanaan Pola Tanam Pada Usaha Tani Tanaman Semusim. Makalah Seminar di Pusat Studi Ubi-Ubian, Universitas Cendrawasih di Manokwari pada tanggal 22 Desember 1990. Manokwari. 7p.
- Notojuwono, A.W. 1970. Tebu. Soeroengan. Djakarta. 210p.
- Pawitan, Hidayat. 1989. Termodinamika Atmosfer. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 246p.
- Rosenberg, N.J. 1974. Microclimate : The Biological Environment. John Wiley & Sons. New York. 315p.
- Seller, William D. 1965. Physical Climatology. The University of Chicago Press. Chicago & London. 272p
- Sharp, James J. dan Sawden, Peter G. 1985. Basic Hydrology. Butterworths & Co. London. 150p.
- Slatyer, R.O. 1967. Plant Water Relationships. Academic Press. London dan New York. 366p.
- Sudarmo, H.D.H. dan Djoyoprawiro, P. 1986. Fisika Tanah Dasar. Bagian Konservasi Tanah dan Air. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suwito. 1989. Budidaya dan Tinjauan Agroklimat Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L.) di PTP XXI-XXII Pabrik Gula Meritjan, Kediri. Jurusan Geofisika Dan Meteorologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Laporan Telaah Lapangan. Tidak Dipublikasikan. Bogor. 71p.
- Thom, A.S. dan Oliver, H.R. 1977. On Penman's Equation for Estimating Regional Evaporation. Quart. J. Met. Soc. 103(436):345-357.

Wilson, E.N. 1974. Engineering Hydrology. The Macmillan Press, Ltd. London. 232p.

LAMPIRAN

JATIROTO

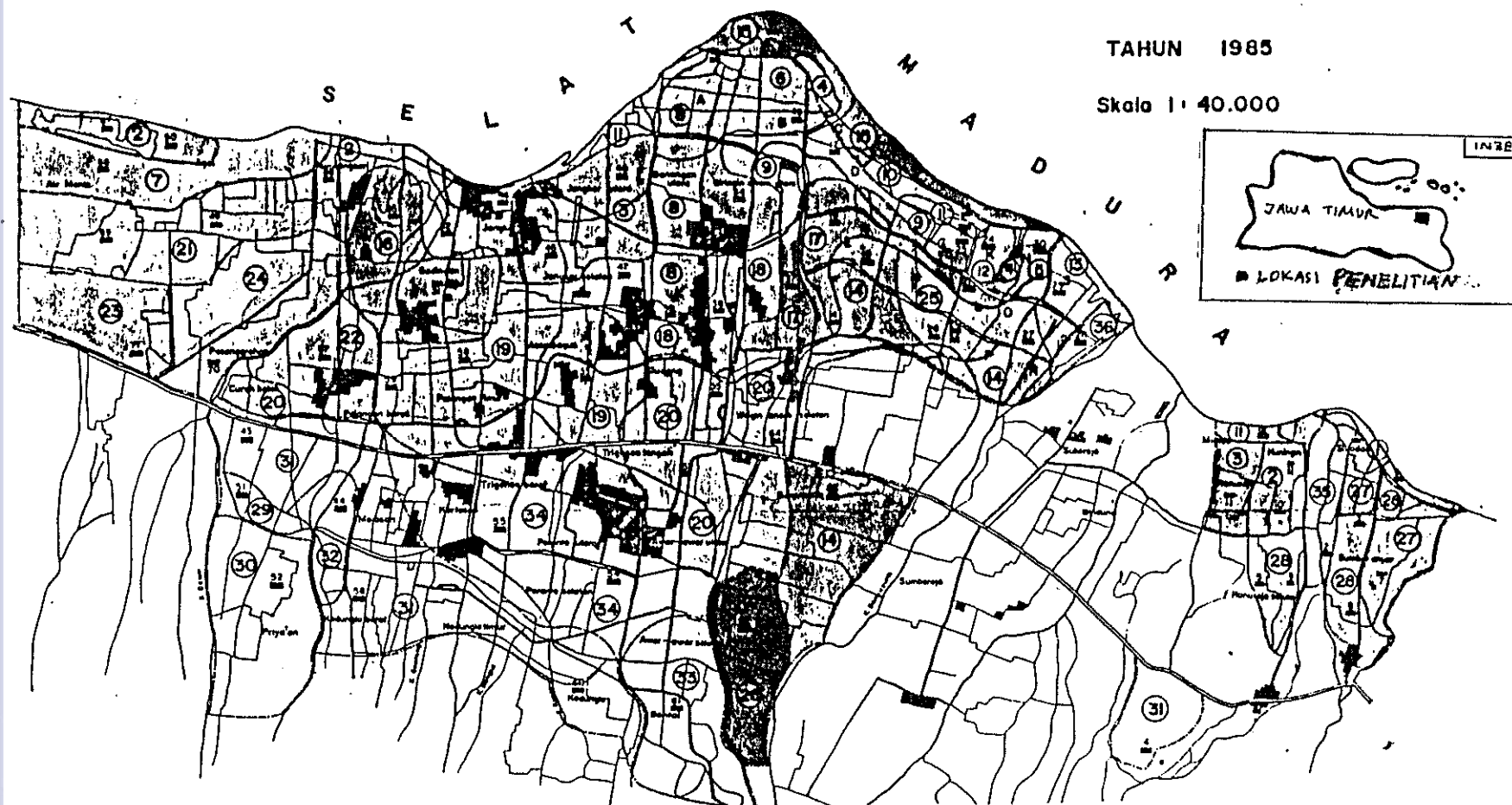
PETA TANAH SEMI DETAIL

AREAL P.G. ASEMBAGUS

Kabupaten SITUBONDO

TAHUN 1985

Skala 1 : 40.000



Gambar 1. Peta Tanah Semi Detail Areal PG Asembagus

JATIROTO

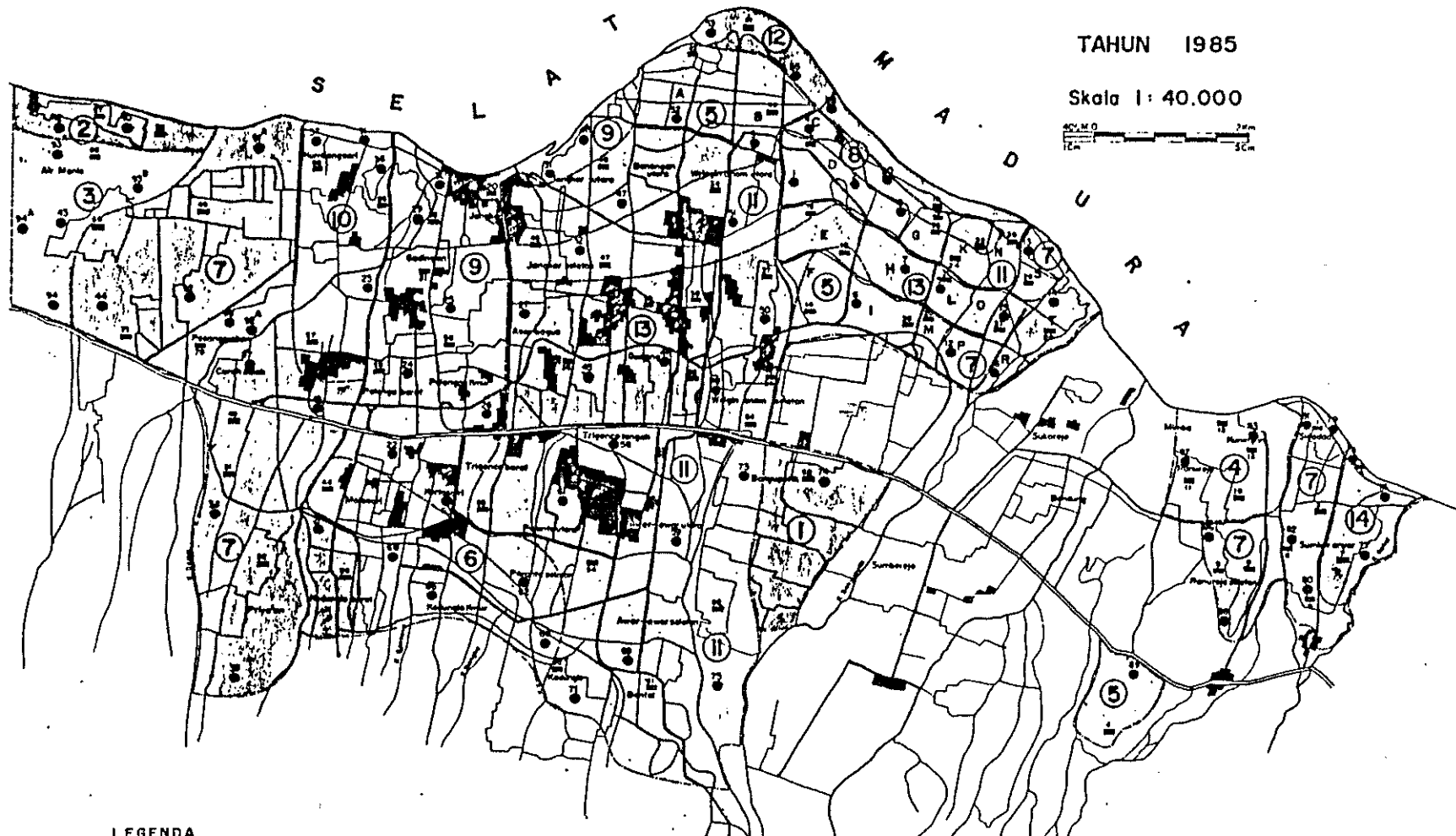
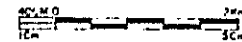
PETA KESUBURAN

AREAL P.G. ASEMBAGUS

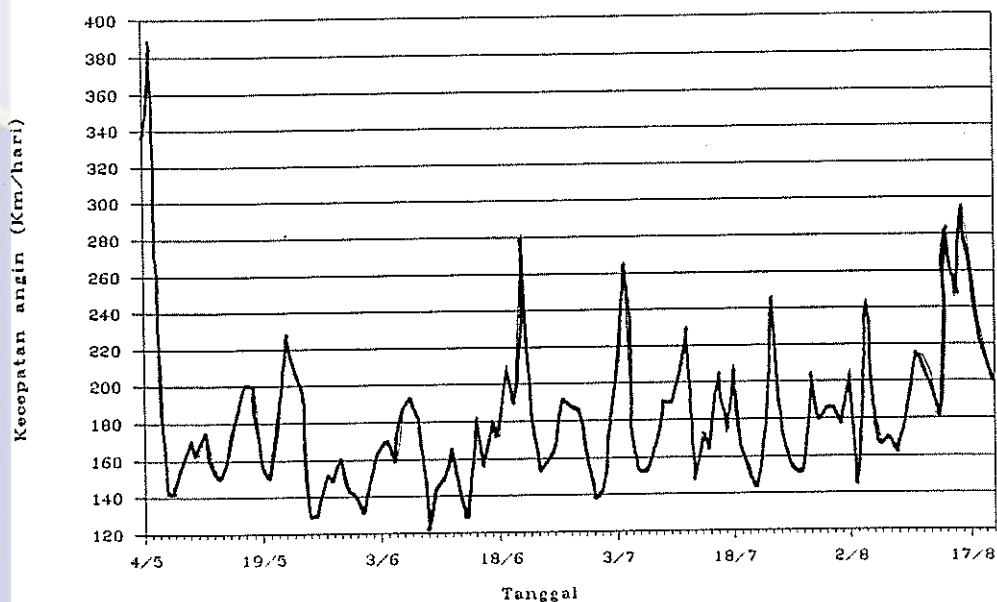
Kabupaten SITUBONDO

TAHUN 1985

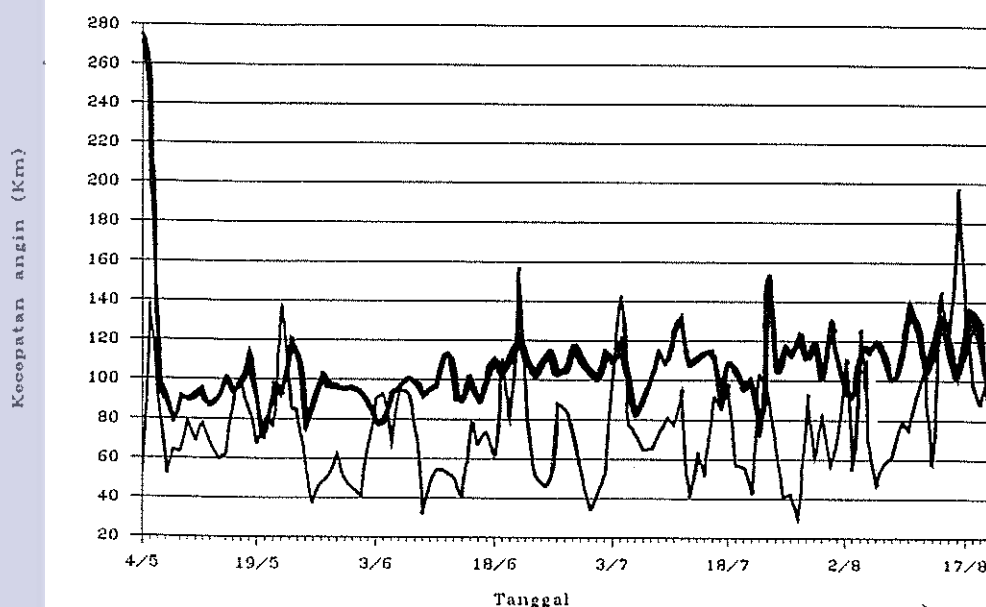
Skala 1 : 40.000



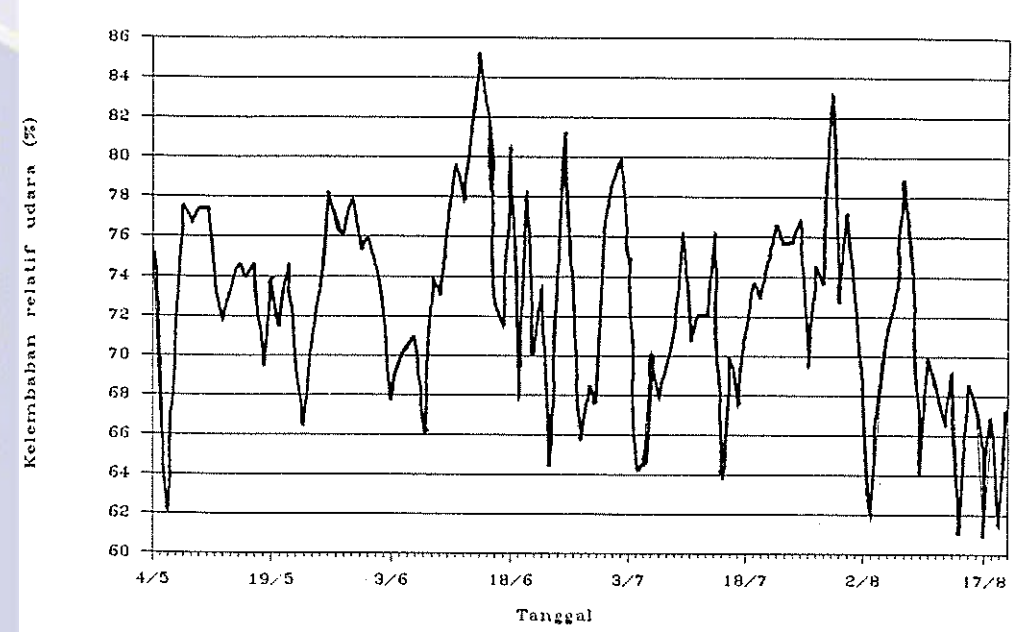
LEGENDA



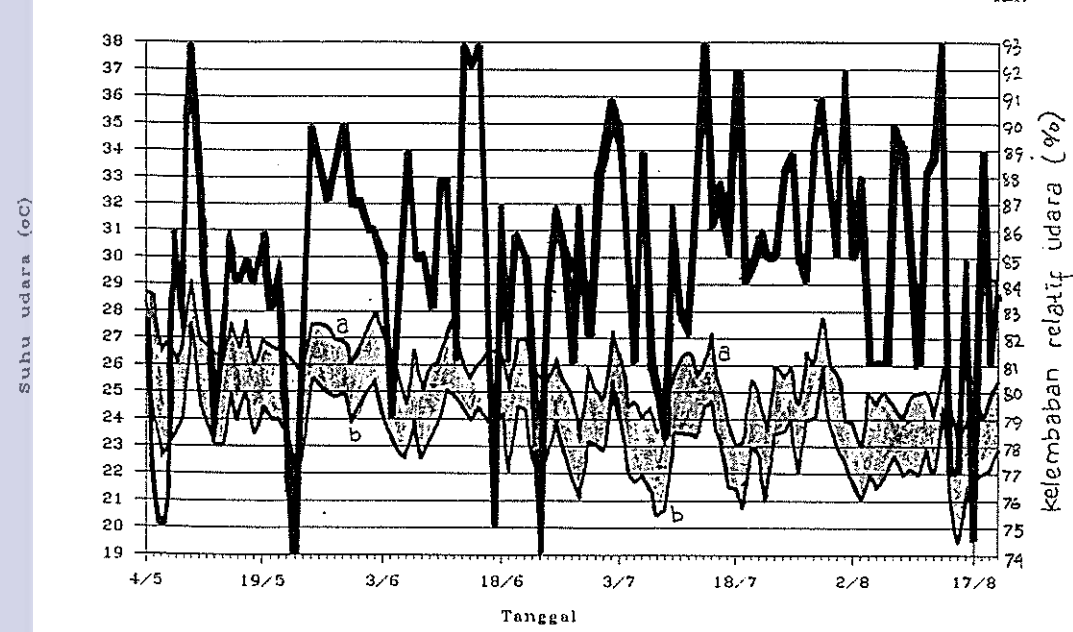
Gambar 3. Grafik perkembangan kecepatan angin (km/hari) terhadap perkembangan waktu



Gambar 4. Grafik perkembangan kecepatan angin siang hari (—) dan kecepatan angin malam hari (---) terhadap perkembangan waktu (kecepatan angin siang hari 07.00 - 17.00 WIB & kecepatan angin malam hari 17.00 - 07.00 WIB)

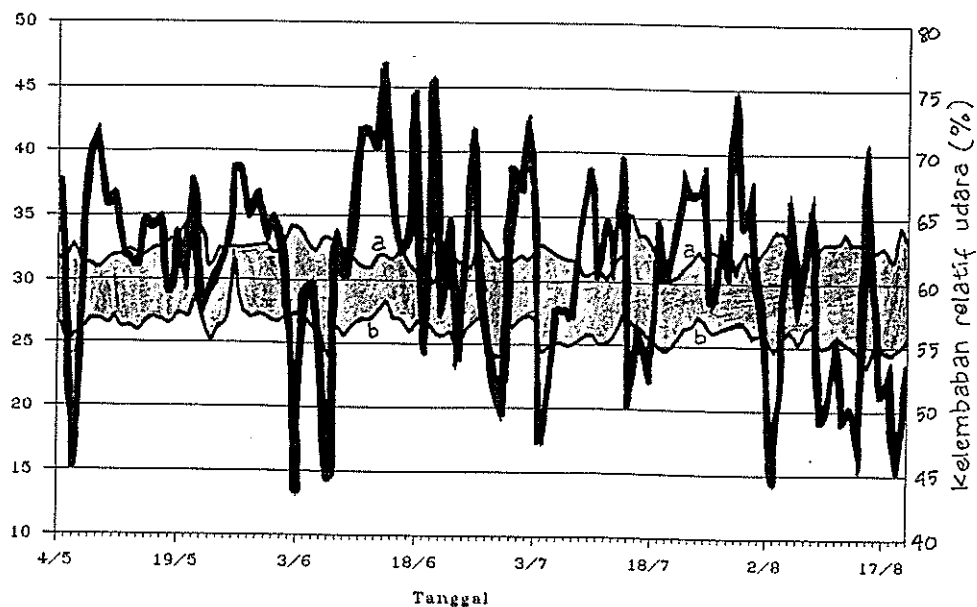


Gambar 5. Grafik perkembangan kelembaban relatif udara (% RHpagi+siang+sore/3) terhadap perkembangan waktu



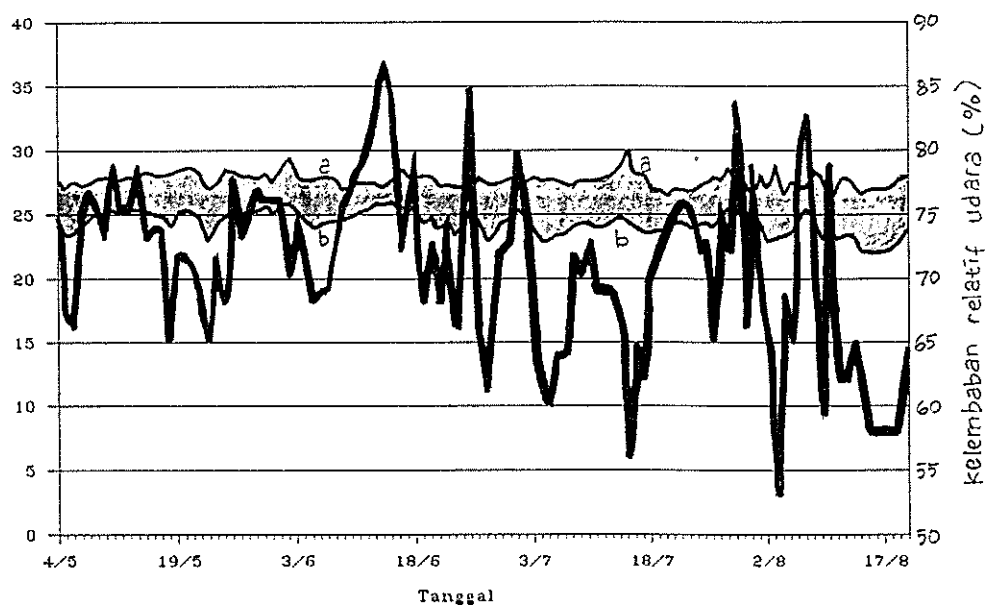
Gambar 6. Grafik perkembangan suhu udara bola kering (a), suhu udara bola basah (b) dan kelembaban relatif udara (—) pukul 07.00 WIB terhadap perkembangan waktu

Suhu udara (oC)
a) Suhu udara bola kering (a)
b) Suhu udara bola basah (b)

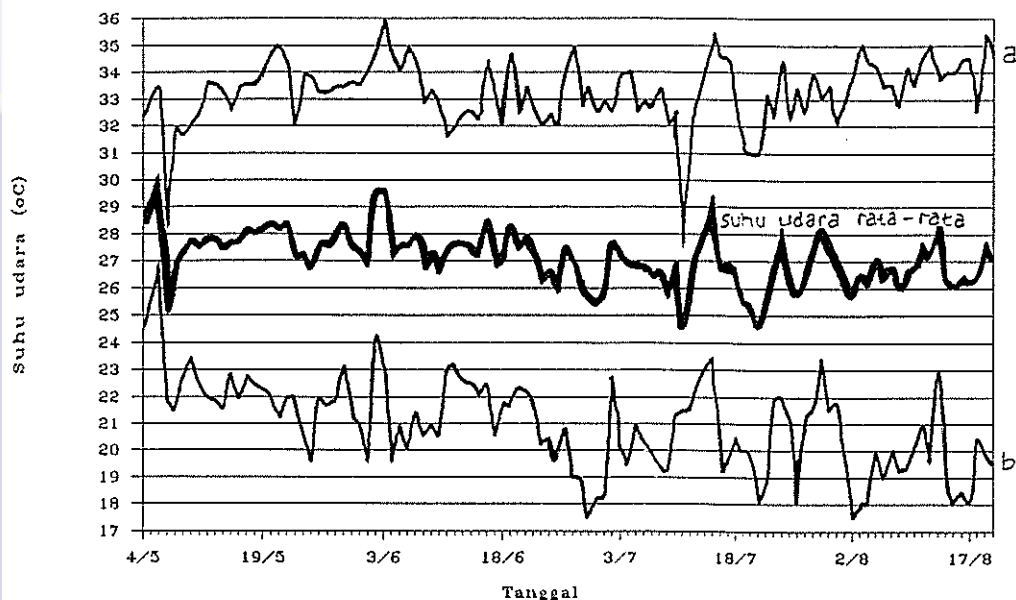


Gambar 7. Grafik perkembangan suhu udara bola kering (a), suhu udara bola basah (b) dan kelembaban relatif udara (—) pukul 13.00 WIB terhadap perkembangan waktu

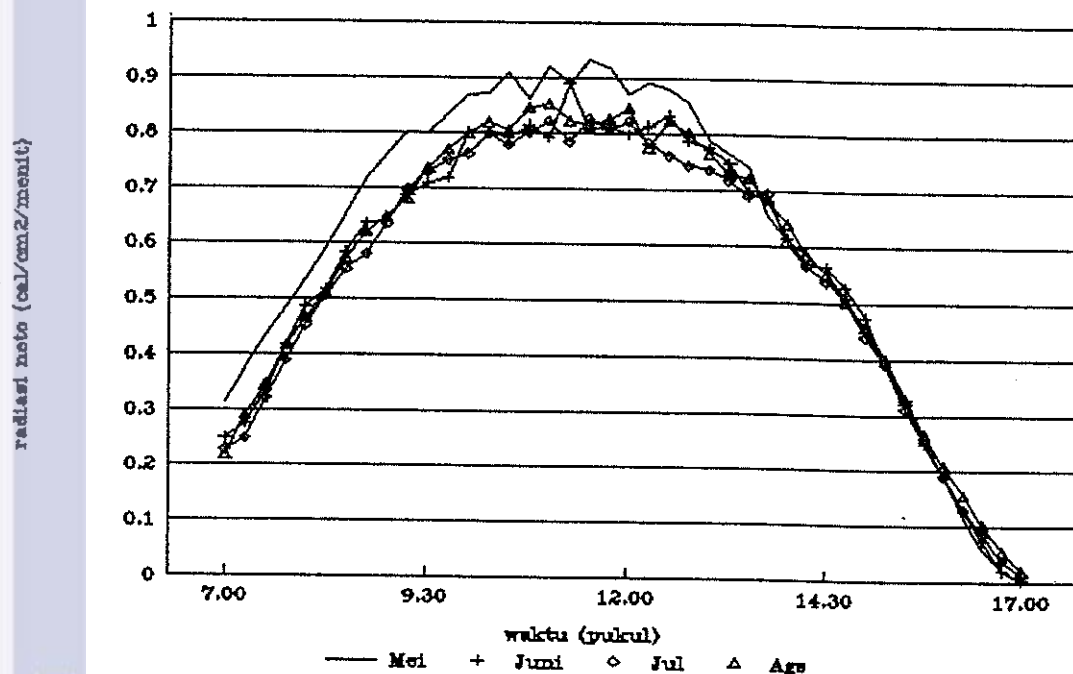
Suhu udara (oC)
a) Suhu udara bola kering (a)
b) Suhu udara bola basah (b)



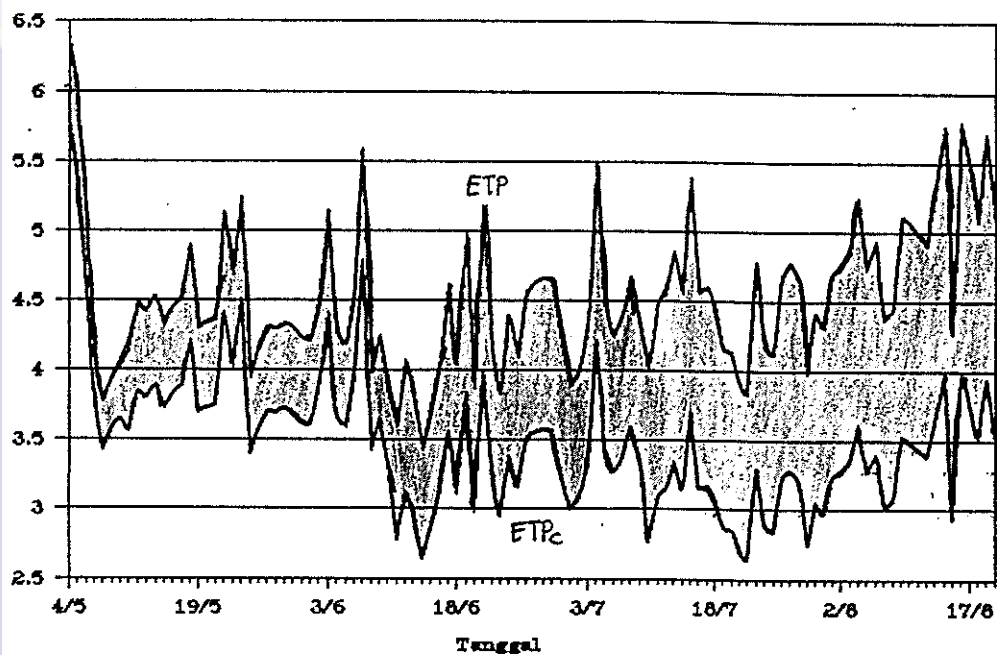
Gambar 8. Grafik perkembangan suhu udara bola kering (a), suhu udara bola basah (b) dan kelembaban relatif udara (—) pukul 17.00 WIB terhadap perkembangan waktu



Gambar 9. Grafik perkembangan suhu udara maksimum (a), suhu udara minimum (b) dan suhu udara rata-rata terhadap perkembangan waktu



Gambar 10. perkembangan radiasi neto terhadap perkembangan waktu



Gambar 11. Perkembangan evapotranspirasi potensial (ETP) dan evapotranspirasi potensial tanaman (ETP_c) terhadap perkembangan waktu

Tabel 1. Sifat fisik tanah areal PG Asembagus

Kedalaman (cm)	Bulk Density (gr/cm ³)	Partikel density (gr/cm ³)	Porositas Total (%)	Permea- bilitas (cm/jam)	KL % bobot	TLP % bobot	Air tersedia (% V)	Perko- lasi (mm/hr)	% granular			Tekstur
									% Liat	% Debu	% Psr.	
0-20	1,03	2,40	57	5,71	15,26	6,98	8,53	10	7,9	15,3	76,8	Pasir ber- lempung
20-40	1,20	2,67	55	3,88	18,51	9,27	11,09	—	8,9	10,4	80,7	Pasir ber- lempung

Tabel 2. Analisis dan perhitungan hasil pengamatan pada tensiometer dan kadar lengas tanah stasiun cuaca

Waktu	KATb (%)			BD (g/cm ³)			KATv (%)			TKA .(mm)			Tensiometer, mbar		
	Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)		
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
10 Mei															
07.00	19,01	17,14	8,36	1,23	1,23	1,59	23,39	21,16	13,28	35	32	20	275	235	-
13.00	18,49	17,74	17,13	1,20	1,30	1,46	22,15	23,01	24,93	33	35	37	292	232	-
17.00	18,26	19,11	11,47	1,29	1,35	1,60	23,47	25,78	18,36	35	39	28	309	266	-
1 Juli															
07.00	3,62	3,69	2,75	1,55	1,40	1,33	5,62	5,14	3,67	8	8	6	794	604	332
13.00	4,12	4,53	4,65	1,24	1,15	1,87	5,12	5,21	8,71	8	8	13	766	568	330
17.00	2,64	3,50	3,99	1,25	1,32	1,48	3,31	4,63	5,92	5	7	9	778	604	345
20 Agt															
07.00	2,80	3,42	2,42	1,23	1,48	1,57	3,45	5,07	3,80	5	8	6	772	642	105
13.00	3,06	3,51	4,57	1,51	1,83	1,79	4,62	6,43	8,20	7	10	12	738	598	168

Persamaan regresi sederhana dan koefisien korelasinya masing-masing pada kedalaman :

15 cm : $Y1 = 51,33923 - 0,05800673.X1$ dan $r = -99,3\%$

30 cm : $Y2 = 52,69043 - 0,07384727.X2$ dan $r = -97,7\%$

$Y1$ = kadar lengas tanah (mm) pada kedalaman 15 cm

$Y2$ = kadar lengas tanah (mm) pada kedalaman 30 cm

$X1$ = potensial air tanah (mbar) pada kedalaman 15 cm

$X2$ = potensial air tanah (mbar) pada kedalaman 30 cm

Tabel 3. Analisis dan perhitungan hasil pengamatan pada tensiometer dan kadar lengas tanah areal tebu

Waktu	KATb (%)			BD (g/cm ³)			KATv (%)			TKA (mm)			Tensiometer, mbar		
	Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)			Kedalaman (cm)		
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
10 Mei															
07.00	10,72	11,07	12,06	1,48	1,48	1,33	15,85	16,43	16,08	24	25	24	157	162	-
13.00	11,12	12,99	11,53	1,50	1,54	1,39	16,68	20,07	16,01	25	30	24	175	199	-
17.00	10,91	13,20	13,41	1,54	1,53	1,25	16,79	20,19	16,75	19	30	25	196	162	-
1 Juli															
07.00	8,81	8,87	11,02	1,41	1,59	1,34	12,40	14,13	14,47	19	21	22	495	535	28
13.00	7,28	6,67	8,58	1,37	1,45	1,68	9,99	9,66	14,44	15	14	22	482	500	24
17.00	7,77	9,89	9,87	1,49	1,56	1,53	11,59	15,46	15,08	17	23	23	485	519	18
20 Agt															
07.00	3,58	3,97	3,04	1,78	1,98	1,95	6,37	7,85	5,94	10	12	9	-	-	-
13.00	4,28	3,82	2,91	1,47	1,59	1,54	6,30	6,08	4,48	9	9	7	-	-	-

Persamaan regresi sederhana dan koefisien korelasinya masing-masing pada kedalaman :

15 cm : $Y_4 = 28,83912 - 0,02416819.X_4$ dan $r = -94,2\%$

30 cm : $Y_5 = 32,33251 - 0,02411412.X_5$ dan $r = -76,8\%$

45 cm : $Y_6 = 23,68388 - 0,05852026.X_6$ dan $r = -99,5\%$

Y_4 = kadar lengas tanah (mm) pada kedalaman 15 cm

Y_5 = kadar lengas tanah (mm) pada kedalaman 30 cm

Y_6 = kadar lengas tanah (mm) pada kedalaman 45 cm

X_4 = potensial air tanah (mbar) pada kedalaman 15 cm

X_5 = potensial air tanah (mbar) pada kedalaman 30 cm

X_6 = potensial air tanah (mbar) pada kedalaman 45 cm

Tabel 5. Data persyaratan pertumbuhan tanaman tebu

Ketinggian	Suhu	kelembaban	Radiasi matahari	kecepatan angin	faktor geologi
dengan ketinggian rendah (0 - 500 m)	Iklim subtropis dan tropis panas, dengan suhu optimumnya 22 - 38°C, untuk beda suhu musimannya 6 C° dan beda suhu malam-siang 10 C°. Suhu optimum untuk perkembangan stek batang antara 32 - 38°C. Suhu untuk kepentingan panen berkisar antara 10-20°C. Frost merusak pertumbuhan dan perkembangan tebu.	Daerah basah. Curah hujan yang cukup (125-150 mm) dikehendaki terutama selama perkembangan vegetatif. Sedang untuk masa panen, dikehendaki musim kering untuk pembentukan gula di dalam batang, dan selama periode tersebut perlu adanya air irigasi. Pada periode pemasakan tebu, keadaan lembab dapat memperkecil kandungan gula dalam batang tebu.	Tebu sangat membutuhkan radiasi matahari yang besar. Perbedaan lama penyinaran akan berpengaruh terhadap hasil. Proses fotoperiodisme sangat penting bagi tanaman. Tanaman tebu merupakan tanaman berhari pendek (short day plant), dimana tanaman tebu akan berbunga pada panjang hari + 10 jam. Tetapi tidak seluruh varietas tebu memerlukan keadaan demikian, karena di Indonesia dengan panjang hari rata-2 > 10 jam, tanaman tebu masih dapat berbunga	Tanaman tebu membutuhkan kecepatan angin yang rendah (< 10 km/jam), karena akan menyedihkan CO ₂ di sekitar tajuk untuk berlangsungnya proses fotosintesa. Angin yang bertiup kencang dapat merusak tebu (dengan merobohkan tanaman tebu).	Jenis tanah yang porous baik untuk pertumbuhan tanaman tebu. Sistem drainase yang baik dikehendaki untuk pertumbuhan tanaman tebu. Tanaman tebu membutuhkan tingkat kesuburan tanah baik juga.

Tabel 7. Data pengamatan kecepatan angin (km per satuan waktu)

tgl	MEI			JUNI			JULI			AGUSTUS		
	siang (Vsg)	malam (Vml)	Vsg/Vml	siang (Vsg)	malam (Vml)	Vsg/Vml	siang (Vsg)	malam (Vml)	Vsg/Vml	siang (Vsg)	malam (Vml)	Vsg/Vml
1				91.4	40.3	2.3	98.6	41.9	2.4	108.5	69.9	1.6
2				89.4	64.8	1.4	116.0	53.9	2.2	94.9	111.7	0.8
3				76.6	90.2	0.8	109.0	110.2	1.0	89.8	54.4	1.7
4	276.6	49.1	5.6	77.4	93.6	0.8	122.9	143.5	0.9	118.4	126.2	0.9
5	248.8	140.5	1.8	93.9	64.8	1.4	89.0	77.9	1.1	114.4	69.9	1.6
6	100.2	89.0	1.1	94.7	94.9	1.0	80.0	71.8	1.1	121.4	45.3	2.7
7	91.5	51.7	1.8	100.0	93.4	1.1	88.2	65.1	1.4	111.7	58.9	1.9
8	78.4	64.5	1.2	97.6	77.6	1.3	100.0	65.3	1.5	99.4	62.1	1.6
9	93.0	63.8	1.5	89.9	30.9	2.9	116.2	74.1	1.6	110.7	78.4	1.4
10	91.0	80.3	1.1	93.6	49.6	1.9	108.5	81.6	1.3	141.9	73.9	1.9
11	94.2	68.3	1.4	95.7	55.2	1.7	129.4	76.3	1.7	124.3	89.6	1.4
12	96.8	78.9	1.2	114.2	52.2	2.2	134.2	97.0	1.4	98.6	105.6	0.9
13	87.4	68.6	1.3	90.4	51.0	1.8	107.5	40.0	2.7	124.6	56.0	2.2
14	91.5	59.4	1.5	88.0	39.4	2.2	109.3	64.5	1.7	139.8	145.1	1.0
15	102.2	61.8	1.7	103.2	80.0	1.3	113.1	51.0	2.2	126.9	118.9	1.1
16	92.5	93.1	1.0	87.8	66.7	1.3	114.4	91.7	1.2	98.1	198.4	0.5
17	98.9	101.8	1.0	107.2	74.1	1.4	87.2	85.3	1.0	138.7	127.0	1.1
18	116.6	83.7	1.4	112.2	59.2	1.9	110.2	98.9	1.1	132.6	100.0	1.3
19	90.7	67.2	1.3	99.8	110.9	0.9	104.5	57.1	1.8	127.0	87.5	1.5
20	69.6	80.0	0.9	112.6	76.8	1.5	93.9	54.7	1.7	87.7	111.0	0.8
21	99.4	75.4	1.3	125.1	157.0	0.8	101.3	41.4	2.4			
22	89.8	138.9	0.6	111.0	79.7	1.4	71.4	103.4	0.7			
23	122.4	87.0	1.4	100.3	52.8	1.9	154.4	92.6	1.7			
24	111.8	85.6	1.3	110.4	46.9	2.4	102.9	69.3	1.5			
25	72.8	55.7	1.3	116.2	46.4	2.5	118.1	40.6	2.9			
26	91.5	37.6	2.4	101.9	89.3	1.1	112.3	41.4	2.7			
27	104.3	47.7	2.2	103.0	85.6	1.2	125.1	27.7	4.5			
28	96.5	52.2	1.8	118.7	68.6	1.7	111.4	94.2	1.2			
29	97.1	64.3	1.5	109.8	51.7	2.1	120.3	58.4	2.1			
30	94.4	49.0	1.9	104.3	34.1	3.1	100.2	84.3	1.2			
31	95.4	45.0	2.1				132.0	54.7	2.4			

Keterangan :

Siang (Vsg) = akumulasi kecepatan angin pukul 07.00 - 17.00 WIB (Km/10 jam)

Malam (Vml) = akumulasi kecepatan angin pukul 17.00 - 07.00 WIB (Km/14 jam)

Vsg/Vml = nisbah kecepatan angin siang hari dan malam hari

Tabel 9. Data pengamatan kelembaban relatif (%)

Tgl	MEI			JUN			JUL			AGS		
	07.00	13.00	17.00	07.00	13.00	17.00	07.00	13.00	17.00	07.00	13.00	17.00
1				81	61	81	84	67	85	87	60	73
2				81	59	75	86	73	81	80	56	69
3				80	43	80	84	69	70	83	44	58
4	78	69	80	74	59	77	80	47	66	76	52	74
5	71	57	72	78	60	73	76	53	65	76	67	70
6	70	45	71	84	55	74	84	58	69	76	57	85
7	71	66	80	80	44	74	76	58	69	85	64	88
8	81	70	82	80	64	78	75	57	77	84	67	75
9	77	72	81	78	60	81	73	65	75	79	49	64
10	88	66	78	83	66	82	82	69	78	76	50	84
11	81	67	84	83	72	84	78	60	74	83	56	67
12	78	62	80	76	72	85	77	65	74	84	49	67
13	73	62	80	88	70	88	82	60	74	88	50	70
14	76	61	84	87	77	92	88	70	71	72	45	66
15	81	65	78	88	70	90	81	50	61	72	71	63
16	79	64	79	80	62	77	83	57	70	80	58	63
17	80	65	79	70	63	81	80	55	67	69	51	63
18	79	59	70	82	75	85	87	52	75	84	54	63
19	81	64	77	76	54	73	79	65	77	76	45	63
20	78	59	77	81	76	78	80	60	79	80	54	70
21	80	68	76	80	57	73	81	64	80			
22	76	57	74	76	65	80	80	69	81			
23	69	60	70	69	53	71	80	67	80			
24	75	61	77	79	60	81	83	67	77			
25	85	63	73	82	72	90	84	69	78			
26	83	99	83	80	59	74	80	58	70			
27	82	69	78	76	55	66	79	64	81			
28	83	65	80	82	51	72	84	60	77			
29	85	67	82	77	49	77	86	75	89			
30	82	63	81	83	69	78	83	64	71			
31	82	65	81				80	68	84			

Tabel 10. Data Curah Hujan (mm) dan Hari Hujan (hari) di Asembagus untuk Data 33 Tahunan (1958 - 1990)

Tahun		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	Total
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1958	CH	35	125	206	171	54	12	95	0	0	0	4	128	830
	HH	5	16	18	13	2	1	3	0	0	0	2	11	71
1959	CH	245	203	139	134	44	220	101	0	0	0	4	227	1318
	HH	12	14	12	8	5	11	5	0	0	0	2	12	81
1960	CH	248	193	180	46	211	0	0	0	0	0	13	80	971
	HH	12	10	8	4	10	0	0	0	0	0	2	5	51
1961	CH	90	171	96	67	43	0	0	0	0	0	2	64	533
	HH	8	7	6	4	2	0	0	0	0	0	1	7	35
1962	CH	263	289	100	164	9	4	21	0	0	1	22	65	938
	HH	13	9	7	9	2	1	2	0	0	1	1	9	54
1963	CH	173	105	142	45	45	0	0	0	0	0	0	97	607
	HH	15	9	14	4	3	0	0	0	0	0	0	8	53
1964	CH	48	64	118	46	26	24	0	0	0	54	192	38	610
	HH	6	6	16	3	4	3	0	0	0	4	15	5	62
1965	CH	204	30	104	22	0	0	0	0	0	0	0	10	370
	HH	12	4	11	2	0	0	0	0	0	0	0	5	34
1966	CH	46	133	154	0	10	0	0	0	0	0	40	91	474
	HH	7	13	9	0	2	0	0	0	0	0	3	7	41
1967	CH	70	94	32	8	0	0	0	0	0	0	6	69	279
	HH	9	6	1	2	0	0	0	0	0	0	2	7	27
1968	CH	167	69	0	40	107	52	25	0	0	0	8	185	653
	HH	14	10	0	5	10	6	2	0	0	0	2	16	63
1969	CH	76	102	33	94	2	0	0	0	0	9	0	109	425
	HH	7	10	4	4	1	0	0	0	0	1	0	7	34
1970	CH	97	56	85	188	99	18	14	0	39	0	14	284	894
	HH	9	8	9	9	10	2	1	0	2	0	3	14	68
1971	CH	197	311	251	18	139	37	0	0	0	52	223	92	1320
	HH	13	16	20	3	11	5	0	0	0	4	12	8	92
1972	CH	156	167	90	0	98	0	0	0	0	0	0	196	707
	HH	13	11	9	0	4	0	0	0	0	0	0	14	51
1973	CH	161	241	279	70	188	5	56	0	43	0	132	221	1396
	HH	14	10	13	3	15	1	4	0	2	0	6	11	80
1974	CH	515	211	194	20	71	8	0	0	0	6	150	81	1256
	HH	16	10	11	3	4	1	0	0	0	2	9	10	66
1975	CH	159	163	151	72	255	0	0	0	8	52	158	167	1185
	HH	6	9	14	8	10	0	0	0	2	8	10	16	83
1976	CH	280	109	349	1	37	0	0	0	0	7	59	26	868
	HH	16	6	19	1	2	0	0	0	0	1	4	5	53
1977	CH	247	124	247	4	3	21	0	0	0	0	4	76	726
	HH	12	16	13	1	1	5	0	0	0	0	2	11	61
1978	CH	455	108	210	106	21	153	21	29	1	0	45	144	1293
	HH	19	13	13	8	6	11	3	2	1	0	4	14	94
1979	CH	131	119	291	41	124	10	0	0	-	-	-	74	
	HH	17	12	16	6	13	4	0	0	-	-	-	8	
1980	CH	346	134	137	56	0	0	-	-	0	0	0	115	
	HH	19	17	10	6	0	0	-	-	0	0	0	13	
1981	CH	429	294	106	43	146	27	84	0	0	0	195	185	1509
	HH	22	22	16	15	7	11	3	5	0	0	15	20	236
1982	CH	297	90	76	109	0	14	3	0	0	0	0	303	892
	HH	21	15	11	9	0	1	2	0	0	0	0	5	64
1983	CH	192	168	79	281	196	1	0	0	0	3	199	83	1202
	HH	14	11	11	16	9	1	0	0	0	1	11	8	82
1984	CH	252	263	92	123	113	107	0	0	16	0	32	120	1118
	HH	20	21	14	10	7	2	0	0	2	0	5	14	95
1985	CH	28	176	36	72	21	7	11	0	0	0	72	187	610
	HH	6	15	7	10	2	3	3	0	0	0	7	9	62
1986	CH	312	129	73	159	0	88	0	0	0	12	43	103	919
	HH	19	14	10	9	0	11	0	0	0	1	2	6	72

Lanjutan tabel 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1987	CH	289	197	32	925	44	3	0	0	0	0	31	193	1714
	HH	21	14	3	3	5	1	0	0	0	0	1	10	58
1988	CH	146	61	264	23	11	30	0	5	0	21	159	241	961
	HH	9	8	13	3	3	3	0	1	0	3	9	16	68
1989	CH	128	138	156	33	8	67	144	31	0	0	20	110	835
	HH	7	17	13	7	2	8	5	1	0	0	4	7	71
1990	CH	351	98	120	44	27	34	1	0	0	0			
	HH	22	6	11	7	3	2	1	0	0	0			
CH	Total	6833	4935	4622	3225	2152	942	576	65	107	217	1827	4164	27413
	Rata-2	207	150	140	98	65	29	18	2	3	7	59	130	914
HH	Total	435	385	362	195	155	94	34	9	9	26	134	318	1962
	Rata-2	13	12	11	6	5	3	1	0	0	1	4	10	65

Sumber : Stasiun Kebun Percobaan Asembagus, Asembagus

Keterangan : Simbol - = Tidak dilakukan pengamatan

Tabel 11. Data Rata-rata Parameter Cuaca di Asembagus Selama 13 Tahun Terakhir (1978 - 1990)

Parameter	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Suhu Udara Maks (°C)	30,5	30,5	31,4	31,9	32,1	31,7	31,4	31,9	33,1	33,9	33,2	31,7
Minm (°C)	24,5	24,1	24,3	24,3	24,3	23,6	22,8	23,0	23,5	24,2	24,7	24,5
RR	26,7	26,6	27,1	27,3	27,3	26,7	26,0	26,3	26,6	27,9	28,0	27,2
Kelembaban Pagi (%)	89	90	89	88	86	86	85	83	82	79	82	81
Siang (%)	66	66	64	60	55	53	49	45	43	48	53	60
Sore (%)	84	85	84	81	78	75	72	69	67	69	75	81
RR	82	83	82	80	76	75	73	70	69	69	73	78
% Lama Penyinaran	45,4	48,1	51,0	51,7	53,5	52,5	53,0	54,5	56,9	55,8	53,7	46,7
Evaporasi (mm)	5,05	5,06	5,30	5,55	5,72	5,74	6,00	6,67	7,35	7,42	6,46	5,40
Kecepatan angin (km/hr)	92,9	69,0	49,3	56,0	79,9	95,3	117,5	144,6	143,6	135,5	100,7	77,6

Tabel 12. Data Meteorologi di Asembagus untuk 13 Tahun Terakhir (1978 - 1990)

Tahun	Suhu Udara (°C)			Kelembaban (%)				% Lama Penyinaran	Evaporasi (mm)	Kecepatan angin (Km/hr)
	maks	minm	RR	Pagi	Sng	Sore	RR			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
1978	Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Peb	30,9	23,4	27,2	93	75	91	59,98	5,18	77,8
	Mar	31,2	24,1	27,6	87	77	92	67,46	4,70	66,3
	Apr	31,5	24,4	27,8	91	72	89	69,29	5,40	77,7
	Mei	32,2	24,4	27,3	91	64	85	64,52	4,91	75,8
	Jun	29,9	23,7	26,0	93	72	89	58,76	3,78	69,3
	Jul	30,5	22,5	25,7	85	59	79	65,33	5,52	115,6
	Agt	31,2	23,7	26,3	86	56	75	70,10	6,95	174,1
	Sep	32,8	25,1	27,9	80	50	72	69,66	8,14	161,4
	Okt	33,4	25,3	28,3	82	56	75	70,46	8,96	165,4
	Nop	33,4	24,7	28,5	80	59	77	65,57	7,79	112,5
	Des	31,5	25,0	27,4	88	68	86	49,26	4,94	80,4
1979	Jan	31,1	25,6	27,5	95	73	91	52,42	5,40	72,7
	Peb	32,2	24,8	27,6	93	69	87	55,11	5,40	58,7
	Mar	31,9	24,7	27,5	94	71	86	62,00	5,07	74,0
	Apr	33,2	24,8	27,9	91	64	82	64,13	5,59	66,3
	Mei	31,9	24,1	26,9	91	65	85	58,74	4,70	41,6
	Jun	32,4	23,7	26,9	86	54	73	64,57	6,00	59,9
	Jul	33,0	23,5	26,9	85	49	72	66,70	7,40	136,5
	Agt	33,6	23,2	27,1	83	47	70	66,04	7,60	135,4
	Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Okt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nop	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Des	32,5	24,6	27,6	85	62	81	62,64	6,02	66,6
1980	Jan	31,0	24,8	27,1	89	72	85	56,54	4,69	105,5
	Peb	31,6	24,8	27,3	92	71	89	57,34	4,39	65,9
	Mar	32,4	24,4	27,6	91	66	87	57,08	5,83	32,7
	Apr	33,7	25,9	28,9	90	64	83	50,81	5,22	33,2
	Mei	34,7	26,2	29,5	78	51	73	64,84	7,53	117,3
	Jun	35,0	25,6	29,0	79	49	69	67,93	7,49	144,9
	Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	33,5	23,2	21,2	86	35	67	71,72	9,55	183,2
	Okt	34,0	23,7	27,8	85	59	75	70,63	8,77	153,3
	Nop	34,3	24,9	28,6	83	64	80	62,13	8,55	114,1
	Des	32,3	24,7	27,5	89	65	86	53,91	5,31	79,4
1981	Jan	30,3	24,7	26,8	91	71	85	57,54	5,64	113,7
	Peb	30,9	24,8	27,1	93	73	87	60,42	5,73	93,8
	Mar	32,0	24,7	27,5	92	68	87	63,33	5,55	53,4
	Apr	32,6	25,0	27,9	89	62	81	61,67	5,52	66,4
	Mei	31,6	24,4	27,1	88	63	81	57,84	4,80	64,4
	Jun	31,9	23,8	26,7	92	59	84	63,50	6,22	69,5
	Jul	30,7	23,5	26,0	90	58	79	60,39	5,43	82,5
	Agt	32,9	23,2	27,0	88	46	75	67,77	7,93	116,9
	Sep	33,8	24,3	28,1	87	52	73	67,63	8,82	149,8
	Okt	35,0	25,2	29,0	82	55	71	70,96	9,79	158,8
	Nop	33,4	25,3	28,2	87	60	78	57,96	6,77	99,1
	Des	31,3	24,7	27,0	89	67	87	57,48	5,57	63,4
1982	Jan	30,0	24,5	26,5	93	75	90	52,16	5,32	117,1
	Peb	30,1	24,1	26,4	94	70	89	56,01	5,57	68,5
	Mar	31,0	23,5	26,4	92	66	91	57,83	5,33	43,9
	Apr	31,7	24,4	27,2	90	66	89	57,11	6,09	57,2
	Mei	32,2	23,3	26,7	80	53	77	63,41	6,91	115,5
	Jun	31,7	22,9	26,4	84	52	77	64,05	6,84	134,9
	Jul	30,6	22,1	25,4	80	51	74	65,19	6,80	140,0
	Agt	30,8	22,3	25,5	83	49	70	63,16	6,59	150,1
	Sep	32,1	23,4	26,3	78	48	68	66,82	7,83	150,3

Lanjutan tabel 12.

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
1983	Okt	33,2	23,1	27,0	77	51	74	70	66,30	8,21	146,5
	Nop	33,7	24,2	28,0	78	42	80	74	65,09	7,14	136,6
	Des	33,0	25,5	28,4	81	65	83	78	57,03	6,07	72,3
	Jan	31,2	24,8	27,3	86	67	85	81	58,80	5,81	82,7
	Peb	31,3	24,8	27,3	91	68	88	85	57,21	5,63	52,3
	Mar	31,7	25,0	27,7	88	67	86	83	56,83	5,20	42,2
	Apr	31,0	24,8	27,2	92	69	90	86	52,73	3,57	33,2
	Mei	30,4	24,6	26,9	93	69	88	86	53,84	4,34	56,6
	Jun	31,3	23,3	26,3	90	58	79	79	61,76	4,65	79,3
	Jul	31,0	21,9	25,4	90	52	74	76	65,79	5,74	144,1
	Agt	31,6	22,1	25,7	88	46	72	73	65,77	7,58	152,9
	Sep	33,4	22,3	26,6	80	42	65	66	68,37	7,87	148,2
1984	Okt	32,9	24,2	27,6	78	54	72	71	63,52	7,86	130,6
	Nop	31,6	24,0	26,8	80	61	79	74	55,21	6,43	84,8
	Des	31,0	23,8	26,6	81	58	75	73	57,32	6,01	71,5
	Jan	29,5	23,5	25,8	87	66	84	79	50,96	4,42	73,2
	Peb	29,2	23,5	25,6	87	69	86	82	47,36	4,27	64,5
	Mar	30,1	23,5	26,1	88	64	84	81	52,13	5,41	35,6
	Apr	30,5	23,5	26,2	87	60	81	79	54,32	5,78	44,9
	Mei	29,9	22,6	25,4	86	58	81	78	54,22	5,27	62,3
	Jun	29,9	21,8	24,9	82	49	72	71	57,38	5,75	108,0
	Jul	29,1	21,3	24,3	85	50	70	72	59,66	5,87	92,0
	Agt	29,3	20,9	24,2	83	47	69	70	57,57	5,77	107,7
	Sep	32,1	23,6	26,9	84	49	71	72	55,77	6,64	91,0
1985	Okt	33,8	23,6	27,7	77	47	66	67	57,61	6,83	92,4
	Nop	33,3	24,4	27,9	77	53	72	69	52,89	6,43	77,7
	Des	30,7	24,2	26,7	95	60	77	77	40,85	5,04	94,4
	Jan	31,7	23,8	27,1	87	58	72	76	50,92	6,48	52,1
	Peb	30,5	24,4	26,8	86	63	79	78	42,87	5,21	63,4
	Mar	31,5	23,9	27,0	87	58	76	76	53,71	6,49	44,7
	Apr	32,4	24,8	27,8	85	57	74	75	50,30	6,20	57,9
	Mei	32,8	24,5	27,7	84	52	76	74	54,02	6,95	79,3
	Jun	30,8	22,4	25,6	83	52	72	72	51,47	6,83	106,1
	Jul	31,4	22,4	25,9	85	48	69	72	51,09	7,20	119,3
	Agt	33,2	22,8	26,8	82	45	67	69	53,65	7,43	195,3
	Sep	33,8	23,2	27,2	76	43	66	66	56,53	7,36	170,7
1986	Okt	33,9	23,5	27,6	76	46	71	67	52,81	7,17	156,5
	Nop	33,2	24,4	27,8	80	53	77	72	45,48	6,55	97,1
	Des	30,2	22,1	25,7	85	56	77	76	44,28	6,18	74,8
	Jan	28,9	22,7	25,1	86	63	84	80	39,49	6,21	126,1
	Peb	30,4	23,7	26,3	89	66	86	83	48,06	5,56	75,7
	Mar	32,0	24,9	27,8	92	68	86	85	44,35	5,26	51,2
	Apr	31,2	23,2	26,1	89	60	85	81	47,39	5,57	67,4
	Mei	32,3	22,9	27,9	82	50	71	71	48,48	5,76	106,1
	Jun	30,8	24,1	26,5	89	61	81	80	40,13	5,03	86,2
	Jul	31,6	22,1	25,7	84	49	74	73	45,42	5,75	110,2
	Agt	31,1	21,6	25,2	79	42	60	65	46,16	6,00	124,7
	Sep	31,7	21,7	25,7	80	45	65	68	44,84	5,88	94,5

HASIL ANALISIS REGRESI

Tabel 13. Hasil analisis regresi hubungan parameter cuaca terhadap evapotranspirasi Penman dimodifikasi

etp = 0.92 + 0.133 suhu					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	0.917	1.208	0.76	0.449	
suhu	0.13270	0.04435	2.99	0.003	
s = 0.5158		R-sq = 7.7%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	2.3818	2.3818	8.95	0.003
Error	107	28.4643	0.2660		
Total	108	30.8461			

etp = 9.48 - 0.0683 RH					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	9.4753	0.5182	18.29	0.000	
RH	-0.068331	0.007137	-9.57	0.000	
s = 0.3940		R-sq = 46.1%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	14.233	14.233	91.67	0.000
Error	107	16.613	0.155		
Total	108	30.846			

etp = 2.88 + 0.00904 angin					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	2.8752	0.1581	18.19	0.000	
angin	0.0090413	0.0008428	10.73	0.000	
s = 0.3727		R-sq = 51.8%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	15.985	15.985	115.10	0.000
Error	107	14.861	0.139		
Total	108	30.846			

Lanjutan Tabel 13.

etp = 3.17 + 0.300 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	3.1653	0.4201	7.54	0.000	
surya	0.29993	0.09187	3.26	0.001	
s = 0.5120 R-sq = 9.1%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	2.7944	2.7944	10.66	0.001
Error	107	28.0517	0.2622		
Total	108	30.8461			

etp = 5.89 + 0.132 suhu - 0.0682 RH					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	5.8869	0.9859	5.97	0.000	
suhu	0.13167	0.03155	4.17	0.000	
RH	-0.068242	0.006645	-10.27	0.000	
s = 0.3669 R-sq = 53.7%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	16.5781	8.2890	61.58	0.000
Error	106	14.2680	0.1346		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
RH	1	14.1963			

etp = 0.520 + 0.0887 suhu + 0.00873 angin					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	0.5198	0.8461	0.61	0.540	
suhu	0.08866	0.03132	2.83	0.006	
angin	0.0087320	0.0008237	10.60	0.000	
s = 0.3610 R-sq = 55.2%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	17.0296	8.5148	65.33	0.000
Error	106	13.8165	0.1303		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
angin	1	14.6479			

Lanjutan Tabel 13.

etp = 0.38 + 0.110 suhu + 0.257 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	0.379	1.186	0.32	0.750	
suhu	0.10957	0.04376	2.50	0.014	
surya	0.25698	0.09131	2.81	0.006	
s = 0.4999		R-sq = 14.1%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	4.3609	2.1804	8.73	0.000
Error	106	26.4852	0.2499		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
surya	1	1.9791			

etp = 6.66 - 0.0462 RH + 0.00664 angin					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	6.6571	0.5048	13.19	0.000	
RH	-0.046161	0.005964	-7.74	0.000	
angin	0.0066380	0.0007446	8.91	0.000	
s = 0.2993		R-sq = 69.2%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	21.351	10.676	119.19	0.000
Error	106	9.495	0.090		
Total	108	30.846			
SOURCE	DF	SEQ SS			
RH	1	14.233			
angin	1	7.118			

Lanjutan Tabel 13.

etp = 8.25 - 0.0659 RH + 0.231 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	8.2471	0.6114	13.49	0.000	
RH	-0.065875	0.006844	-9.62	0.000	
surya	0.23131	0.06780	3.41	0.001	
s = 0.3758		R-sq = 51.5%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	15.8769	7.9385	56.21	0.000
Error	106	14.9692	0.1412		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
RH	1	14.2333			
surya	1	1.6437			

etp = 1.71 + 0.00887 angin + 0.264 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	1.7066	0.3118	5.47	0.000	
angin	0.0088721	0.0007837	11.32	0.000	
surya	0.26415	0.06218	4.25	0.000	
s = 0.3461		R-sq = 58.8%			
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	2	18.1471	9.0736	75.74	0.000
Error	106	12.6990	0.1198		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
angin	1	15.9852			
surya	1	2.1619			

Lanjutan Tabel 13

etp = 4.09 + 0.101 suhu - 0.0475 RH + 0.00622 angin					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	4.0933	0.7756	5.28	0.000	
suhu	0.10062	0.02422	4.16	0.000	
RH	-0.047498	0.005562	-8.54	0.000	
angin	0.0062173	0.0007007	8.87	0.000	
s = 0.2787 R-sq = 73.6%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	22.6923	7.5641	97.41	0.000
Error	105	8.1539	0.0777		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
RH	1	14.1963			
angin	1	6.1142			

etp = 5.36 + 0.115 suhu - 0.0663 RH + 0.186 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	5.3552	0.9725	5.51	0.000	
suhu	0.11497	0.03110	3.70	0.000	
RH	-0.066281	0.006469	-10.25	0.000	
surya	0.18582	0.06525	2.85	0.005	
s = 0.3552 R-sq = 57.1%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	17.6012	5.8671	46.51	0.000
Error	105	13.2449	0.1261		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
RH	1	14.1963			
surya	1	1.0231			

Lanjutan Tabel 13.

etp = 5.46 - 0.0438 RH + 0.00661 angin + 0.228 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	5.4588	0.5311	10.28	0.000	
RH	-0.043826	0.005491	-7.98	0.000	
angin	0.0066137	0.0006826	9.69	0.000	
surya	0.22760	0.04950	4.60	0.000	
s = 0.2744 R-sq = 74.4%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	22.9428	7.6476	101.60	0.000
Error	105	7.9033	0.0753		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
RH	1	14.2333			
angin	1	7.1182			
surya	1	1.5913			

etp = 0.024 + 0.0676 suhu + 0.00865 angin + 0.239 surya					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	0.0243	0.8063	0.03	0.976	
suhu	0.06758	0.02997	2.26	0.026	
angin	0.0086527	0.0007752	11.16	0.000	
surya	0.23854	0.06206	3.84	0.000	
s = 0.3396 R-sq = 60.7%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	18.7337	6.2446	54.13	0.000
Error	105	12.1124	0.1154		
Total	108	30.8461			
SOURCE	DF	SEQ SS			
suhu	1	2.3818			
angin	1	14.6479			
surya	1	1.7041			

Lanjutan Tabel 13.

$$\text{etp} = 3.52 + 0.083 \text{ suhu} - 0.045 \text{ RH} + 0.00627 \text{ angin} + 0.195 \text{ surya}$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	3.5199	0.7370	4.78	0.000
suhu	0.08283	0.02300	3.60	0.000
RH	-0.045261	0.005217	-8.67	0.000
angin	0.0062709	0.0006537	9.59	0.000
surya	0.19503	0.04777	4.08	0.000

s = 0.2599 R-sq = 77.2%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	4	23.8188	5.9547	88.13	0.000
Error	104	7.0274	0.0676		
Total	108	30.8461			

SOURCE	DF	SEQ SS
suhu	1	2.3818
RH	1	14.1963
angin	1	6.1142
surya	1	1.1265

Tabel 14. Hasil analisis regresi hubungan ketersediaan air tanah (KAT) terhadap perkembangan waktu

$\text{LnY1} = 4.63 - 0.0444 X$ $Y1 = 102.5140641 \exp(-0.0444 X)$ $\frac{dY1}{dX} = -4.551624446 \exp(-0.0444 X)$					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	4.62958	0.00754	613.62	0.000	
X	-0.0444084	0.0001191	-372.96	0.000	
s = 0.03911 R-sq = 99.9%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	212.81	212.81	139099.42	0.000
Error	107	0.16	0.00		
Total	108	212.97			

$\text{LnY2} = 4.50 - 0.0339 X$ $Y2 = 90.0171313 \exp(-0.0339 X)$ $\frac{dY2}{dX} = -3.051580751 \exp(-0.0339 X)$					
Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p	
Constant	4.50465	0.00788	571.97	0.000	
X	-0.0339415	0.0001243	-273.08	0.000	
s = 0.04083 R-sq = 99.9%					
Analysis of Variance					
SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	124.32	124.32	74571.51	0.000
Error	107	0.18	0.00		
Total	108	124.49			

Keterangan : Y1 = KATp
Y2 = KATc
X = Waktu

Tabel 15. Hasil analisis regresi hubungan evapotranspirasi aktual (ETA) terhadap perkembangan waktu

$$\ln Y_1 = 1.40 - 0.0413 X$$

$$Y_1 = 4.055199967 \exp(-0.0413 X)$$

$$\frac{dY_1}{dX} = -0.16747975 \exp(-0.0413 X)$$

103 cases used 5 cases contain missing values

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	1.40154	0.05111	27.42	0.000
X	-0.0412984	0.0008530	-48.42	0.000

s = 0.2575 R-sq = 95.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	155.47	155.47	2344.23	0.000
Error	101	6.70	0.07		
Total	102	162.17			

$$\ln Y_2 = 1.29 - 0.0368 X$$

$$Y_2 = 3.632786556 \exp(-0.0368 X)$$

$$\frac{dY_2}{dX} = -0.13368654 \exp(-0.0368 X)$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	1.28570	0.03884	33.11	0.000
X	-0.0368233	0.0006185	-59.53	0.000

s = 0.2004 R-sq = 97.1%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	142.33	142.33	3544.28	0.000
Error	106	4.26	0.04		
Total	107	146.59			

Keterangan : Y1 = ETAp
Y2 = ETAc
X = waktu

Tabel 8. Data pengamatan suhu bola basah (Tbb), suhu bola kering (Tbk), suhu minimum (Tmin) dan maksimum (Tmak)

Tgl	Tbb (°C)			Tbk (°C)			Tmin (°C)	Tmak (°C)
	07.00	13.00	17.00	07.00	13.00	17.00		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>MEI</u>								
4	25.8	26.9	24.9	28.7	31.7	27.6	24.5	32.3
5	24.5	25.0	23.3	28.5	31.5	27.0	25.5	33.0
6	22.5	24.0	23.7	26.4	33.0	27.5	27.0	33.5
7	23.1	26.0	24.5	27.0	31.0	27.2	21.8	28.2
8	23.6	27.0	25.1	26.0	31.4	27.5	21.5	32.0
9	24.1	27.0	25.2	27.1	31.0	27.7	22.8	31.6
10	27.6	26.5	24.9	29.2	31.5	27.9	23.5	32.0
11	24.5	27.0	25.4	27.0	32.0	27.5	22.5	32.4
12	23.9	26.2	25.1	26.7	32.0	27.8	22.0	33.6
13	23.0	26.5	25.3	26.5	32.4	28.0	21.9	33.5
14	23.0	26.0	25.5	26.0	32.0	27.6	21.5	33.3
15	25.0	26.5	25.4	27.6	31.9	28.4	22.9	32.5
16	23.9	27.0	25.1	26.6	32.5	28.0	21.9	33.5
17	25.0	27.0	25.1	27.7	32.4	28.0	22.8	33.5
18	23.4	26.5	24.0	26.0	33.2	28.0	22.5	33.5
19	24.5	27.5	25.3	27.0	33.0	28.5	22.3	33.8
20	24.0	26.9	25.5	26.8	34.6	28.7	22.0	34.8
21	24.0	28.8	25.2	26.5	34.0	28.5	21.2	35.0
22	23.4	26.7	24.5	26.5	33.6	28.0	22.0	34.5
23	22.0	25.0	23.0	26.0	31.0	27.0	22.0	32.0
24	22.5	26.5	24.5	25.6	32.5	27.5	30.5	34.0
25	25.5	26.7	24.8	27.5	32.5	28.6	19.5	33.8
26	25.3	32.4	26.0	27.5	32.5	28.3	22.0	33.2
27	25.1	27.6	25.0	27.4	32.4	28.0	21.7	33.2
28	24.8	27.0	25.2	27.0	32.5	28.0	21.9	33.5
29	25.0	27.5	25.3	27.0	32.6	27.7	23.2	33.5
30	23.8	27.2	25.8	26.0	33.0	28.3	21.2	33.6
31	24.2	26.7	25.1	26.4	32.1	27.6	21.0	33.5
<u>JUN</u>								
1	25.0	27.0	25.8	27.5	33.0	28.4	19.5	34.0
2	25.5	27.6	26.0	28.0	34.3	29.5	24.3	34.7
3	24.4	27.5	25.3	27.0	34.3	28.1	23.0	36.0
4	23.2	27.0	24.5	26.5	33.5	27.6	19.5	34.5
5	22.7	26.0	23.9	25.5	32.2	27.5	21.0	34.0
6	22.6	26.0	24.4	24.5	33.3	27.8	20.0	35.0
7	24.0	24.0	24.5	26.5	33.4	28.0	21.5	34.4
8	22.5	26.5	24.5	25.0	32.0	27.5	20.5	32.8
9	23.2	25.8	24.5	26.0	32.0	26.9	21.0	33.3
10	23.9	26.6	25.0	26.0	31.7	27.5	20.5	32.6
11	25.1	27.1	25.3	27.3	31.2	27.5	23.0	31.6
12	24.8	27.0	25.5	28.0	31.0	27.5	23.2	32.0
13	24.5	27.6	26.0	26.0	32.0	27.5	22.6	32.5
14	24.0	28.5	25.9	25.5	32.0	27.0	22.5	32.5