

## Lengas Tanah dan Turgiditas Beberapa Klon Kopi Robusta di Dataran Aluvial Berpola Hujan Musiman

### *Soil Moisture and Turgidity of Selected Robusta Coffee Clones on Alluvial Plain with Seasonal Rainfall Pattern*

Rudy Erwiyono<sup>1)</sup>

#### Ringkasan

Pengamatan terhadap perubahan musiman kondisi hidrologi dan turgiditas tanaman beberapa klon kopi Robusta telah dilaksanakan di Kebun Percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi pengaruh perubahan hidrologi terhadap kondisi tanaman dan derajat pengaruh lengas tanah terhadap keragaannya. Lokasi penelitian terbentang di atas dataran aluvial, sekitar 45 m dpl. dan 8° 15' LS dengan tipe hujan D. Penelitian dilaksanakan secara survei pada plot percobaan perlakuan pupuk organik dan nitrogen pada beberapa klon kopi Robusta asal setek berakar, yakni BP 436, BP 42, BP 936 dan BP 358. Pengamatan dilaksanakan hanya pada blok perlakuan pupuk kandang 20 l/ph/th pada taraf pemberian nitrogen (Urea) sesuai dosis anjuran kebun selama tiga tahun berturut-turut dari 1999–2001. Parameter yang diamati meliputi turgiditas tanaman dan kadar lengas tanah dari tiga kedalaman yang berbeda, yaitu 0–20, 20–40 dan 40–60 cm, serta kondisi cuaca. Penelitian diulang lima kali dalam bentuk blok perlakuan pupuk kandang dan pupuk nitrogen dosis anjuran sebagai pupuk dasar. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi meteorologi dan lengas tanah lokasi penelitian berpola musiman mengikuti sebaran hujan. Dibandingkan dengan ciri meteorologi yang lain, kelembaban relatif udara paling menentukan penguapan air dan turgiditas tanaman. Turgiditas tanaman tidak hanya dikendalikan oleh kondisi lengas tanah tetapi juga kebutuhan atmosfer. Saat kelembaban relatif (RH) tinggi, turgiditas tanaman relatif stabil meskipun lengas tanah permukaan sangat rendah. Sebaliknya, saat lengas tanah tinggi, turgiditas tanaman dikendalikan oleh kebutuhan atmosfer (kelembaban relatif). Dengan periode bulan kering 3–4 bulan, turgiditas relatif tanaman kopi relatif stabil di atas 82%, kecuali saat lengas tanah 60 cm permukaan di bawah 25% w/w dan atau kebutuhan atmosfer relatif tinggi (RH < 85%). Kondisi lengas tanah pada lapisan lebih dalam lebih menentukan turgiditas tanaman dan makin dalam lapisan tanah variasi musiman kadar lengas tanahnya makin sempit. Klon-klon kopi yang berbeda memiliki kepekaan berbeda terhadap cekaman air, dengan urutan dari yang paling peka adalah BP 436 < BP 42 < BP 936 & BP 358. Aplikasi pupuk kandang dapat secara nyata meningkatkan kadar lengas tanah, tetapi pengaruhnya tidak nyata meningkatkan turgiditas tanaman.

---

1) Peneliti (*Researcher*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

### Summary

*Observation on the seasonal variations of hydrological condition and turgidity of selected Robusta coffee clones has been carried out in Kaliwining Experimental Station, Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute in Jember. The aim was to evaluate the effect of hydrological variation on the coffee plants and the degree of soil moisture effect on plant performance. Experimental site overlays on alluvial plain,  $\pm 45$  m a.s.l.,  $8^{\circ} 15'$  South with D rainfall type. Observation was conducted by survey method at the experimental plots of organic fertilizer and nitrogen treatments on selected Robusta coffee clones derived from rooted cuttings, i.e. BP 436, BP 42, BP 936 and BP 358. Observation was only conducted at the experimental blocks of organic matter trials of 20 l/tree/year at nitrogen (Urea) application of locally recommended rate during the subsequent years of 1999 to 2001. Parameters observed included plant turgidity and soil moisture content of three different depths, i.e. 0–20, 20–40 and 40–60 cm and the weather. Observation was carried out in five replicates designed as blocks of barn manure treatment and N-fertilizer of recommended rate as basal fertilizer. The results showed that meteorological condition and soil moisture of experimental site through the years have seasonal patterns following the seasonal pattern of rainfall. Compared to other meteorological characteristics, relative humidity dominantly determined evaporation and plant turgidity. Plant turgidity was not only determined by soil moisture condition, but also atmospheric demand. When relative humidity (RH) was relatively high, plant turgidity was relatively stable although soil moisture of surface layers was very low, and the reversal when soil moisture content was high plant turgidity was controlled by atmospheric demand (relative humidity). With a 3–4 dry month period, relative turgidity of the coffee plants was relatively stable above 82%, except when soil moisture of 60 cm surface layer was below 25% (w/w) and or atmospheric demand was relatively high ( $RH < 85\%$ ). Soil moisture contents of deeper soil layers seemed to have greater impact on the plant turgidity and the deeper the soil layers the narrower the seasonal variation of their soil moisture contents. Selected different clones originated from rooted cuttings showed different response to water stress and could be put in order from the most sensitive to water stress as follows  $BP\ 436 < BP\ 42 < BP\ 936$  and  $BP\ 358$ . Barn manure application could significantly increase soil moisture content but its influence could not significantly increase plant turgidity.*

**Key words :** Seasonal variation, atmospheric condition, soil moisture, plant turgidity, Robusta coffee clones.

### PENDAHULUAN

Di wilayah tropika dengan distribusi hujan tidak merata sepanjang tahun, sebaran hujan mengelompok ke dalam masa musim hujan dan musim kemarau/kering. Adanya

pola musiman demikian dapat membawa implikasi terhadap pertumbuhan tanaman dan pola bercocok tanam.

Perubahan curah hujan musiman menyebabkan perubahan kondisi lengas tanah

(*soil water storage*) menurut musim yang dikendalikan oleh neraca penambahan air dari hujan, irigasi, rembesan dan kapilaritas serta kehilangan air tanah melalui drainasi, evaporasi dan transpirasi menuju atmosfer. Perubahan musiman ini selanjutnya mempengaruhi keragaan tanaman yang ditentukan oleh neraca antara kebutuhan air tanaman dan ketersediaan air tanah yang dikendalikan oleh kebutuhan atmosfer.

Shaw & Laing (1966) menyatakan bahwa mekanisme cekaman air berawal dari defisit air yang berkembang karena ketidakseimbangan antara suplai air tanah dan kebutuhan air tanaman yang ditentukan oleh kondisi atmosfer. Potensial air minimum tanaman merupakan fungsi dari suplai air tanah, kebutuhan evaporasi atmosfer dan kapasitas tanah dalam mensuplai air atau konduktivitas kapiler. Dikemukakan lebih lanjut bahwa defisit ini sampai tingkat tertentu dikendalikan juga oleh mekanisme penutupan stomata yang membatasi transpirasi dan penyusutan lebih lanjut dari turgor tanaman.

Denmead & Shaw (1962) mengemukakan bahwa saat kebutuhan evaporasi atmosfer tinggi, laju transpirasi berkurang dengan cepat sedikit di bawah kapasitas lapang dan mencapai tingkat sangat lambat di dekat tegangan 5 sampai dengan 10 bar; sebaliknya, saat kebutuhan evaporasi atmosfer sangat rendah transpirasi masih terukur pada rata-rata tegangan tanah mendekati 40 bar dan mendekati nol pada nilai tegangan air tanah mendekati 100 bar. Pengamatan Kumar & Tieszen (1980b) pada tanaman kopi mendukung hal ini bahwa pada saat kebutuhan evaporasi atmosfer (*atmospheric*

*evaporative demand*) tinggi tanaman kopi tampak mengalami cekaman air meskipun tanah nyaris kapasitas lapang penuh. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan air tanah bagi tanaman ditentukan oleh kondisi meteorologi, yang menentukan laju transpirasi potensial. Pengamatan Squire (1979) pada tanaman teh mendukung kebenaran hal ini bahwa potensial air tanaman (batang) teh berhubungan lebih erat dengan defisit kejenuhan atmosfer daripada kuantitas air dalam tanah. Dengan demikian, kadar lengas tanah saat tanaman kehilangan turgiditas dapat berubah-ubah tergantung pada kebutuhan evaporasi atmosfer (laju transpirasi). Oleh karena itu, pada per-tanaman kopi, penurunan turgiditas atau tingkat cekaman dipengaruhi oleh perbaikan penangung dan kondisi kelengasan tanah (Gopal & Ramaiah, 1971; Nur & Zaenudin, 1992 & 1995). Di samping itu tanaman penangung sendiri menghasilkan intensitas cahaya matahari yang rendah dan temperatur daun lebih rendah yang tampaknya merupakan lingkungan yang nyaman bagi tanaman kopi untuk fotosintesis dan pertumbuhan yang efisien (Kumar & Tieszen, 1980a).

Peningkatan laju transpirasi menyebabkan penurunan tekanan turgor yang dimulai dari sel-sel mesofil daun bagian atas yang kemudian terus berkembang ke bagian tanaman yang lain sejalan dengan berkurangnya air tanah atau meningkatnya tegangan air tanah (*soil water suction*) seperti batang terus sampai ke akar, saat mana tidak ada lagi perbedaan tegangan air antara tanah dan sel-sel mesofil daun (Philip, *cit.* Shaw & Laing, 1966). Pada tanaman kopi, dampak kekeringan yang parah menyebabkan tanaman layu sampai mengering yang dimulai

dari bagian atas tanaman menuju bagian bawah tanaman (Baon *et al.*, 2003).

Slatyer *cit.* Shaw & Laing (1966) dan Kumar & Tieszen (1980b) mendapati bukti awal tanggapan tanaman terhadap cekaman air adalah penurunan turgiditas relatif dan juga penutupan stomata (Nunes, 1976). Pada saat kondisi kebutuhan atmosfer (*atmospheric demand*) relatif rendah, awalnya pengaruh cekaman air terhadap transpirasi hanya kecil sampai tegangan air tanah mencapai 10 atmosfer, kemudian transpirasi menurun tajam. Perubahan ini terjadi pada saat turgiditas relatif 83%. Lebih lanjut Werner *cit.* Shaw & Laing (1966) mengamati bahwa tanda-tanda pertama kelayuan pada kentang terjadi pada saat tingkat turgiditas relatif 82–83%. Demikian pula penutupan stomata pada kondisi lapangan terjadi secara cepat pada selang turgiditas relatif antara 86–83% (Shaw & Laing, 1966).

Keragaan suatu tanaman merupakan hasil integral sejumlah pengaruh yang saling berkaitan pada proses fisiologi yang berbeda. Cekaman dapat mempengaruhi proses fotosintesis dan respirasi, mempengaruhi pertumbuhan yang menghasilkan jaringan baru, dan mempengaruhi reproduksi, yang menghasilkan bahan-bahan simpanan hasil fotosintesis (Shaw & Laing, 1966; Gopal & Ramaiah, 1971; Kumar & Tieszen, 1980a,b; Nunes, 1976). Namun menurut Kumar (1979), selama lengas tanah belum turun sampai 50% kapasitas lapang proses fotosintesis dan absorpsi mineral oleh tanaman kopi masih normal.

Perubahan lengas tanah dan atmosfer karena distribusi hujan tahunan yang tidak merata dan pengaruhnya terhadap turgiditas

tanaman kopi menarik untuk dipelajari. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati fluktuasi lengas tanah sepanjang tahun dan turgiditas tanaman kopi pada agroklimat dengan pola curah hujan musiman, tipe hujan D, pada dataran aluvial di garis 8° 15' lebih Lintang Selatan. Dengan menggunakan beberapa klon tanaman kopi dari setek berakar cabang ortotrop dapat diketahui respons klon yang berbeda terhadap kekurangan (cekaman) air. Diharapkan laporan ini dapat memberikan gambaran situasi lingkungan setempat dan pendekatan dalam mengatasi masalah musiman kekeringan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Kaliwining, dari akhir tahun 1999 sampai dengan awal tahun 2002. KP. Kaliwining. Ciri lingkungan sebagai berikut : tipe hujan 30 tahun terakhir adalah D (Q=63,46%, rerata bulan kering dan basah 4,26 & 6,71, CH= 1.875 mm/tahun) menurut klasifikasi iklim Schmidt & Ferguson dan terbentang di dataran aluvial dengan tinggi tempat  $\pm 45$  m dari permukaan laut, pada 8° 15' lebih Lintang Selatan.

Penelitian dilaksanakan dengan metode survei pada plot percobaan pemupukan bahan organik dan nitrogen pada 4 klon kopi Robusta asal setek cabang ortotrop berakar tahun tanam 1992. Kondisi pertanaman bagus dengan jarak tanam 2,5 x 3 m dan penangung lamtoro dengan jarak tanam 6 x 6 m, populasi lengkap dan intensitas sedang. Pengamatan dilakukan pada unit-unit percobaan yang mendapatkan perlakuan pupuk nitrogen (Urea) sebanyak satu kali dosis anjuran kebun per tahun, baik pada

unit-unit percobaan dengan perlakuan pupuk kandang sebanyak 20 liter/pohon/tahun maupun perlakuan kontrol tanpa pupuk organik. Dengan demikian analisis data pengamatan ditetapkan dengan rancangan lingkungan blok perlakuan pupuk kandang, 5 blok, pada empat klon kopi Robusta yaitu klon BP 436, BP 42, BP 936 dan BP 358. Variabel yang diamati meliputi turgiditas daun dan kadar lengas tanah setiap akhir bulan sepanjang tahun. Dalam hal ini perlakuan pupuk nitrogen dianggap sebagai perlakuan pupuk dasar. Pengambilan sampel tanah dan daun dilaksanakan pada pagi hari antara pukul 08.00 dan pukul 11.00. Sampel tanah diambil dari 3 jeluk tanah berbeda, yaitu 0–20, 20–40 dan 40–60 cm dari permukaan.

Kadar lengas tanah dan daun ditetapkan secara gravimetri dengan mengukur kehilangan bobot sampel setelah pemanasan pada suhu 105°C untuk tanah dan 80°C untuk daun di dalam oven selama 24 jam. Turgiditas relatif (%) tanaman ditetapkan

$$\text{Turgiditas relatif (\%)} = \frac{\text{Berat segar} - \text{Berat kering oven}}{\text{Berat jenuh (turgid)} - \text{Berat kering oven}} \times 100$$

Keterangan:

- Berat segar adalah berat sampel daun yang ditetapkan segera setelah pemetikan di lapangan.
- Berat kering oven adalah berat sampel daun yang ditetapkan setelah pemanasan di dalam oven pada suhu 80° C selama 24 jam.
- Berat jenuh (*turgid*) adalah berat sampel daun yang ditetapkan setelah penjemuran/perendaman sampel daun segar ke dalam air selama 2 jam.

dengan menggunakan rumus berikut (Machlis & Torrey, 1956; Shaw & Laing, 1966; Erwiyono & Wibawa, 1996) :

Pengamatan turgiditas relatif daun dilakukan dengan cara menimbang, menjenuhkan (merendam) dan mengeringkan sampel daun yang berupa sejumlah potongan-potongan kecil daun berbentuk bulat yang diperoleh dengan cara memotong-motong sampel daun (4 lembar/pohon sampel) segera setelah dipetik dari lapangan dengan menggunakan alat potong plong berbentuk silinder diameter  $\pm 1,0$  cm dan tajam pada salah satu ujungnya. Setelah ditimbang untuk menetapkan berat segar contoh daun, potongan-potongan daun direndam dalam air selama 2 jam. Sampel daun selanjutnya dengan dilap kertas pengering gulungan (*roll tissue paper*) untuk menghilangkan lapisan molekul air di permukaan atas dan bawah sampel daun sebelum ditimbang untuk menetapkan berat jenuh daun.

Data cuaca sepanjang tahun diamati di stasiun cuaca yang terletak di tengah-tengah kebun, yang meliputi sifat-sifat iklim seperti curah hujan, kelembaban relatif udara, suhu maksimum dan minimum, evaporasi dan radiasi matahari dan diukur dengan ombrometer, termometer bola basah-kering, termometer maksimum-minimum, panci A dan bola gelas Campbell Stokes secara berturut-turut.

Perubahan cuaca musiman, fluktuasi lengas tanah sepanjang tahun dan turgiditas tanaman kopi, serta perbedaannya di antara klon yang digunakan disajikan dalam bentuk

grafik, persamaan dan atau uji rentang rata-rata BNP pada taraf 5% setelah penyidikan keragaman.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pola Meteorologi

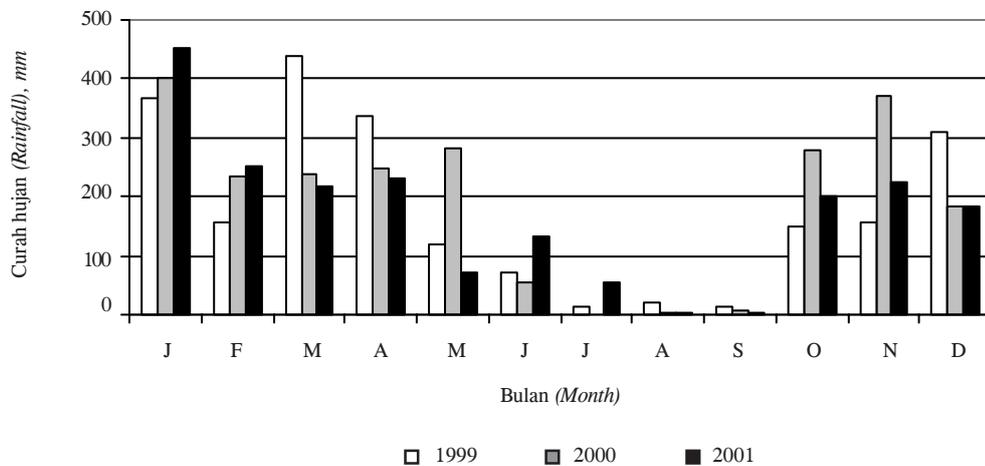
#### Curah hujan

Pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa curah hujan di lokasi penelitian tidak menyebar merata sepanjang tahun melainkan menyebar mengelompok ke dalam dua masa/periode musim, yakni musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan dimulai dari bulan Oktober hingga April-Mei setiap tahun dan kadang-kadang hingga Juni. Pada bulan April curah hujan mulai turun dan bulan Mei memasuki musim kemarau (kering) hingga bulan September dengan curah

hujan terendah setiap tahun. Pola musiman sebaran hujan demikian membawa implikasi terhadap kondisi meteorologi atau cuaca dan pertumbuhan tanaman.

#### Kelembaban relatif (RH)

Kelembaban relatif cenderung relatif stabil sepanjang tahun dalam arti fluktuasinya tidak besar, kecuali pada tahun 1999 fluktuasinya relatif besar dan beberapa kali turun di bawah 85%. Sementara itu rata-rata tahunan kelembaban relatif berkisar di antara 84–90% (Gambar 2). Pada saat musim hujan, kelembaban relatif cukup tinggi dan pada saat musim kemarau kelembaban relatif rendah. Namun, tidak seperti pola sebaran curah hujan yang jelas berpola musiman, kelembaban relatif cenderung relatif seragam sepanjang tahun, dalam arti tidak ketat mengikuti pola musiman curah



Gambar 1. Curah hujan bulanan sepanjang tahun 1999, 2000 dan 2001.

Figure 1. Monthly rainfall through the years of 1999, 2000 and 2001.

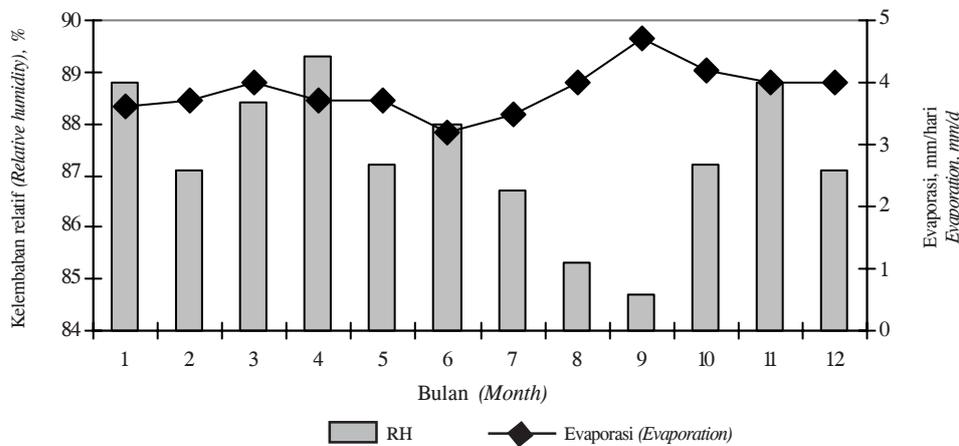
hujan, tetapi hanya tiga bulan terakhir kemarau (Juli–September) cenderung terus turun, meskipun penurunannya tidak setajam penurunan curah hujan. Pada penyajian rata-rata 3 tahun tampak kelembaban relatif turun sedikit (3%) dalam 3 bulan akhir musim kemarau. Ada tendensi bahwa sepanjang musim kemarau kelembaban relatif memang tampak terus turun sedikit demi sedikit dan kemudian mencapai antiklimaks pada bulan September yang merupakan puncak kemarau. Sementara sepanjang musim hujan kecenderungan kelembaban relatif tampak datar.

### Suhu udara maksimum-minimum

Suhu udara maksimum dan minimum rata-rata 3 tahun ternyata juga cenderung mengikuti pola musiman (Gambar 3). Pada bulan April/Mei hingga September (musim

kemarau) suhu udara maksimum cenderung naik sedikit sedangkan pada periode yang sama suhu udara minimum cenderung turun dibandingkan periode musim hujan. Di samping itu, ada tendensi bahwa sepanjang musim hujan suhu udara maksimum dan minimum relatif tidak berubah (datar) dan kemudian suhu maksimum berangsur naik bertahap sebaliknya suhu minimum berangsur turun sepanjang musim kemarau. Selanjutnya, suhu maksimum mencapai klimaks pada bulan September yang merupakan puncak kemarau dan juga puncak radiasi matahari. Sebaliknya, suhu minimum mencapai antiklimaks pada bulan Agustus.

Naik-turunnya suhu maksimum dan minimum berhubungan erat dengan naik-turunnya radiasi matahari dan berpola hampir sama. Hal ini dapat dimaklumi mengingat singkat-lamanya radiasi matahari mempengaruhi singkat-lamanya pemanasan tanah



Gambar 2. Rerata kelembaban relatif (RH) dan evaporasi bulanan tahun 1999, 2000 dan 2001.

Figure 2. Averages of monthly relative humidities (RH) and evaporation through the years of 1999, 2000 and 2001.

permukaan (kulit bumi) dan atmosfer di atasnya. Namun, tampak jelas pada Gambar 3 bahwa fluktuasi suhu udara sepanjang tahun relatif kecil dibandingkan fluktuasi radiasi matahari.

Hal lain yang dapat dicatat tentang ciri musiman suhu udara adalah pada saat musim hujan suhu minimum mencapai nilai tertinggi dan suhu maksimum mencapai nilai terendah. Sebaliknya, pada musim kemarau suhu minimum mencapai nilai terendah dan suhu maksimum mencapai nilai tertinggi (Gambar 3).

### **Radiasi matahari**

Radiasi matahari cenderung mengikuti pola musiman (Gambar 3) seperti halnya sebaran curah hujan (Gambar 1). Pada periode musim kemarau (April/Mei-September), radiasi matahari melonjak di atas 75%, sedangkan pada periode musim hujan radiasi matahari tidak pernah melebihi 60%. Hal ini berhubungan dengan rendahnya penutupan awan pada musim kemarau; sebaliknya, pada musim hujan penutupan awan relatif tinggi.

Radiasi matahari mempunyai tendensi tahunan seperti suhu maksimum udara, pada saat musim hujan radiasi matahari mencapai nilai terendah karena intensitas awan yang menghalangi lebih tinggi dan lebih sering, sedang saat musim kemarau radiasi matahari mencapai nilai tertinggi (Gambar 3).

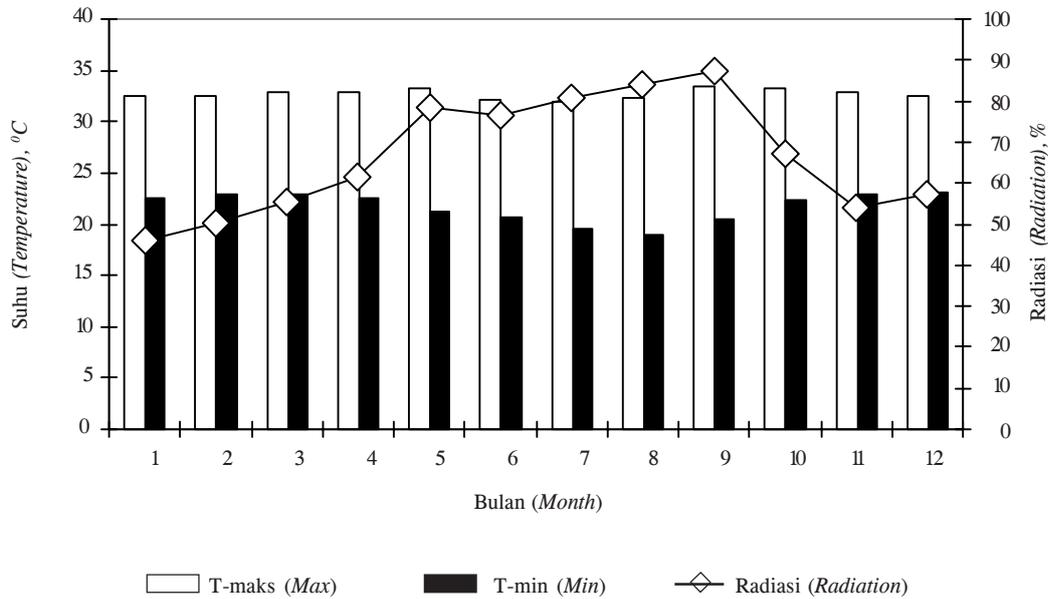
### **Evaporasi**

Evaporasi sepanjang tahun cenderung relatif stabil tidak mengikuti secara ketat pola musiman curah hujan melainkan relatif datar

sepanjang tahun kecuali tiga bulan terakhir musim kemarau evaporasi cenderung terus naik dan mencapai puncaknya pada bulan September (Gambar 2). Periode tersebut yang juga merupakan puncak kemarau dengan suhu udara dan radiasi matahari paling tinggi sepanjang tahun (Gambar 3). Dibandingkan dengan pola tahunan ciri meteorologi yang lain, pola evaporasi paling dekat dengan pola kelembaban relatif tahunan, hanya pada tiga bulan terakhir periode kemarau polanya berbalikan dan mencapai klimaks-antiklimaks pada bulan September. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun suhu dan radiasi matahari mempengaruhi penguapan air, tetapi pengaruh dominan terhadap evaporasi datang dari konsentrasi uap air di atmosfer atau kebutuhan atmosfer akan uap air yang dalam penelitian ini diamati dalam pengukuran kelembaban relatif.

### **Pola Lengas Tanah**

Pola fluktuasi lengas tanah rata-rata dari tiga kedalaman 10, 30 dan 50 cm selama tiga tahun berturut-turut (1999, 2000 dan 2001) relatif sama (Gambar 4). Tiga bulan pertama kadar lengas tanah di atas 40% w/w. Pada bulan keempat turun di bawah 40% dan cenderung terus turun secara bertahap tetapi tetap berada di atas 30% w/w sampai bulan ke 7, kemudian turun relatif tajam di bawah 30% w/w pada bulan ke 8 dan 9, saat mana kondisi lengas tanah berada pada titik terendah, sekitar 22% w/w. Fluktuasi ini tampak mengikuti rata-rata curah hujan yang juga turun tajam menjadi sekitar 25 mm pada bulan Juli dan tinggal 10–12 mm pada bulan September. Pada



Gambar 3. Fluktuasi suhu-maksimum dan minimum dan radiasi rata-rata tiga tahun, 1999, 2000 dan 2001.

Figure 3. Fluctuations of T-max & T-min and radiation means of 1999, 2000 and 2001.

bulan Oktober, curah hujan naik tajam menjadi di atas 200 mm. Demikian seterusnya curah hujan pada bulan November dan Desember tetap berada di atas 200 mm. Pola ini diikuti oleh naiknya lengas tanah secara tajam (di atas 30%) pada bulan Oktober, November dan Desember. Dengan demikian pola fluktuasi lengas tanah mengikuti musim.

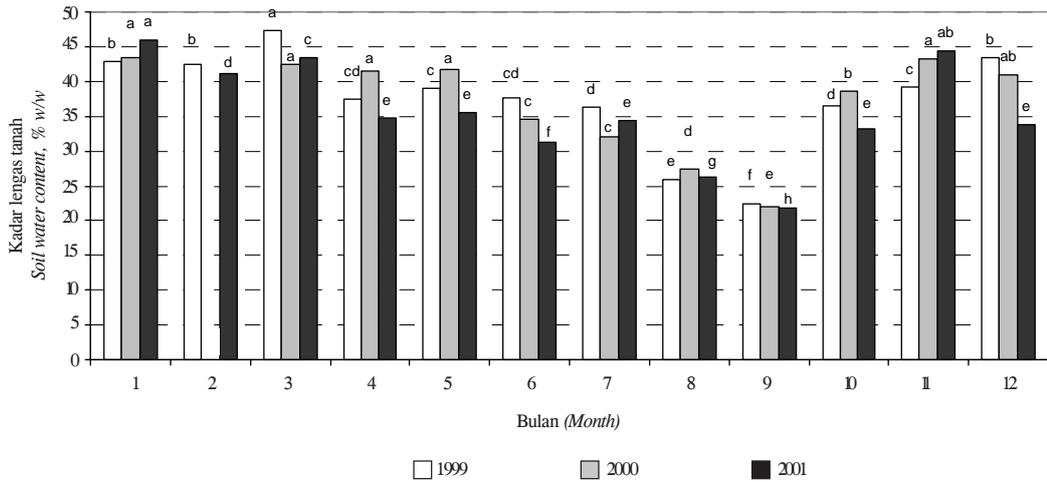
Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa rata-rata lengas tanah sepanjang tahun per kedalaman (0, 30, 50 cm) memiliki variasi yang nyata berbeda, makin dalam tanah dari permukaan maka lengas tanah cenderung makin tinggi. Di samping itu, ada tendensi bahwa makin dalam tanah variasi lengas

tanah tahunan makin sempit. Dalam Gambar 5 ditunjukkan bahwa lengas tanah rata-rata pada kedalaman 50 cm relatif tidak berubah banyak antara tahun 1999, 2000 dan 2001 dibandingkan lengas tanah pada lapisan di atasnya. Hal ini berarti bahwa makin dalam tanah kondisi lengasnya makin kurang dipengaruhi oleh gejolak musiman.

**Pola Turgiditas Tanaman**

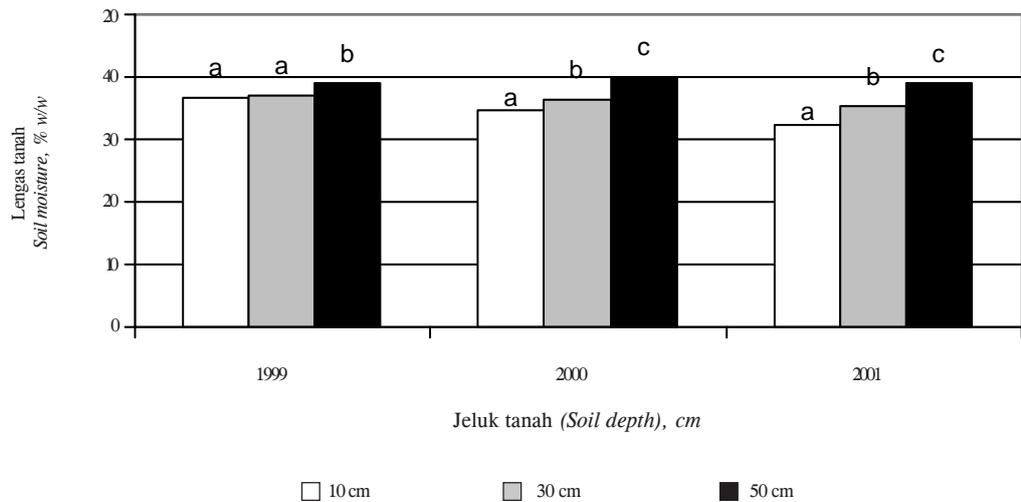
**Tendensi turgiditas tanaman sepanjang tahun**

Fluktuasi turgiditas relatif daun kopi relatif kecil atau relatif stabil (Gambar 6),



Gambar 4. Fluktuasi lengas tanah permukaan rata-rata sepanjang tahun 1999, 2000 dan 2001 (Kolom serupa di bawah huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%, 0 = data hilang).

Figure 4. Fluctuations of soil surface moisture contents through the years of 1999, 2000, and 2001 (Similar columns under the same letters are not significantly different according to HSD test at 5% level, 0 = missing data).



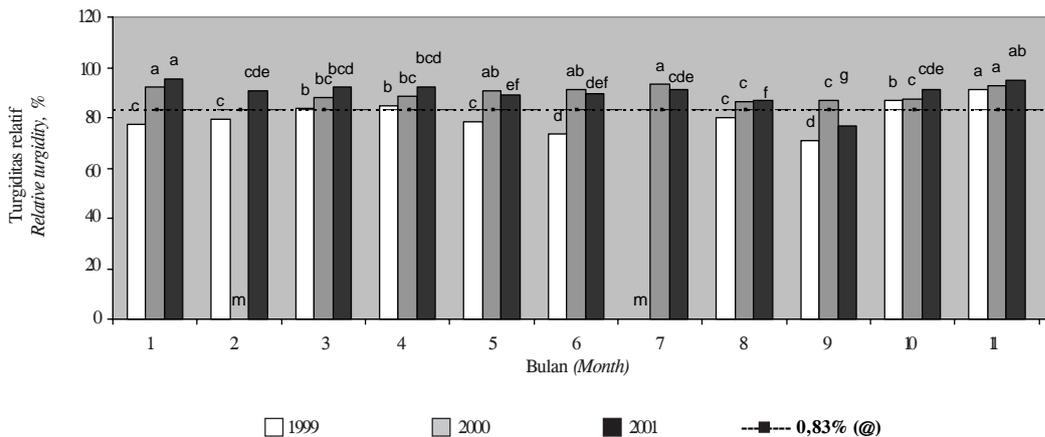
Gambar 5. Rata-rata tahunan kadar lengas tanah menurut kedalaman (Kolom pada tahun yang sama di bawah huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%).

Figure 5. Annual means of soil moisture contents of different depths (Columns of the same year under the same letters was not significantly different according to HSD test at 5% level).

dan cenderung tidak mengikuti secara ketat fluktuasi curah hujan (Gambar 1) maupun lengas tanah yang tampak berfluktuasi relatif tajam (Gambar 4), melainkan lebih dekat dengan fluktuasi kelembaban relatif. Hal ini tampak jelas pada pengamatan tahun 1999, bahwa meskipun di musim hujan dengan kadar lengas tanah relatif tinggi, ternyata turgiditas relatif tanaman dapat relatif rendah (Gambar 6) karena kelembaban relatif juga relatif rendah (Gambar 7), khususnya pada Februari dan Mei-September. Sebaliknya, pada tahun 2000 dan 2001 pada musim hujan RH relatif tinggi, maka turgiditas tanaman saat musim hujan juga relatif stabil di atas 83%. Pada musim kemarau di mana lengas tanah sangat rendah, turgiditas tanaman turun di bawah titik kritisnya (< 82%) saat mana RH juga relatif rendah (< 85%). Pada bulan Juli dan Agustus, meskipun lengas tanah

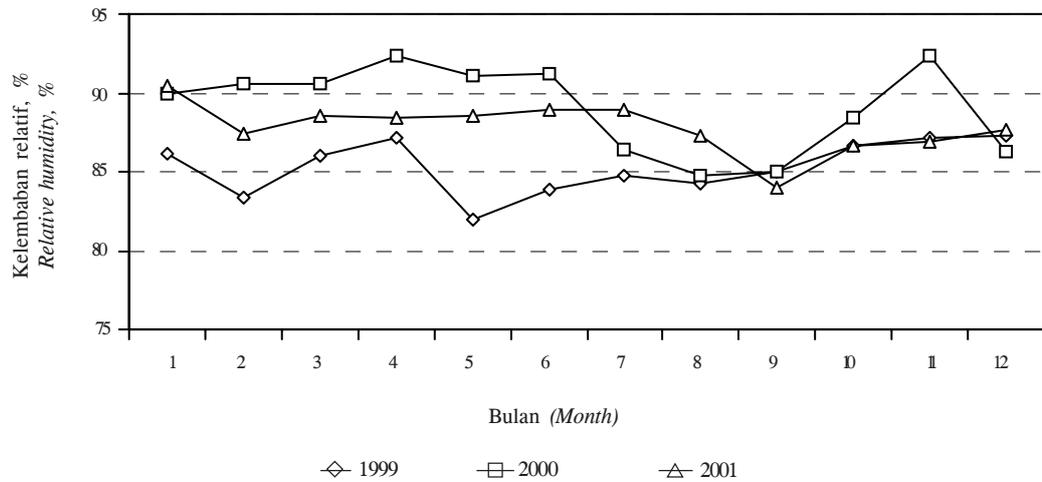
sudah relatif rendah, turgiditas tanaman masih di atas 83% saat RH masih di atas 85%.

Di samping itu, stabilnya turgiditas tanaman (> 83%) dapat terjadi karena pengaturan laju transpirasi oleh mekanisme penutupan stomata pada saat lengas tanah relatif rendah atau RH relatif rendah (mekanisme ini diduga terjadi pada bulan Juli dan Agustus) seperti yang diungkapkan oleh Shaw & Laing (1966). Kecuali saat RH terlalu rendah (< 85%) demikian pula lengas tanah (< 25% w/w), maka mekanisme penutupan stomata tidak lagi efektif mencegah turunnya turgiditas tanaman (< 82%) dan turgiditas tanaman turun sejalan dengan penurunan lebih lanjut lengas tanah dan kelembaban relatif seperti yang terjadi di bulan September saat mana secara visual tanaman mulai menunjukkan gejala kelayuan.



Gambar 6. Fluktuasi turgiditas relatif tanaman kopi sepanjang 1999, 2000 dan 2001 (Kolom serupa di bawah huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%; @ batas penutupan stomata dan awal tanda kelayuan hipotetis; m = data hilang).

Figure 6. Fluctuation of relative turgidity of coffee plant through 1999, 2000 and 2001 (Similar columns under the same letters are not significantly different according to HSD test at 5% level; @ hypothetical level of stomatal closure and initial wilting sign; m = missing data).



Gambar 7. Fluktuasi kelembaban relatif rata-rata bulanan sepanjang tahun 1999, 2000 dan 2001.  
 Figure 7. Monthly averages of relative humidity through the years of 1999, 2000 and 2001.

Rendahnya hubungan turgiditas dan fluktuasi lengas tanah juga dapat menunjukkan bahwa lengas tanah permukaan berpengaruh kurang besar terhadap turgiditas tanaman. Hal ini akan dikupas lebih lanjut pada sesi berikutnya. Ada petunjuk bahwa penurunan turgiditas di bawah titik kritisnya terjadi pada kondisi lengas tanah paling rendah, yaitu pada bulan September, saat mana lengas tanah sekitar hanya 22% w/w. Di samping bulan September merupakan bulan terjadinya turgiditas tanaman paling rendah juga pada bulan ini merupakan bulan terjadinya kenampakan secara visual tanda-tanda kelayuan yang muncul selama tahun 1999 & 2001 mengingat turgiditas relatif < 82% dan juga paling rendah untuk tahun 1999 dan 2001. Fakta ini barangkali dapat digunakan untuk menetapkan bahwa lengas tanah bulan September merupakan kadar lengas tanah (permukaan) kritis munculnya

tanda-tanda kelayuan dengan turgiditas relatif di bawah 82% dan lengas tanah di bawah 25% w/w (saat RH < 85%). Sebagai catatan, hal ini terjadi pada saat bulan kering sekitar 3 bulan (tahun 1999 & 2001) sampai 4 bulan (tahun 2000). Namun, pada musim kemarau panjang, lengas tanah permukaan (0–20 cm) pada areal pertanaman yang berbeda tetapi masih dalam kebun yang sama dapat susut sampai  $\pm 17\%$  w/w (159 mm/m) dan menyebabkan turgiditas relatif tanaman turun sampai  $\pm 70\%$  (Erwiyono & Wibawa, 1996). Pada kondisi lengas tanah rendah, demikian turgiditas tanaman cenderung terus turun mengikuti penurunan kadar lengas tanah (Erwiyono & Wibawa, 1996). Jadi tampaknya stomata tanaman kopi mampu menjaga kestabilan turgiditas tanaman selama lengas tanah permukaan belum susut di bawah 25% w/w dan tidak terjadi perubahan kebutuhan atmosfer (> 85%). Penurunan

lengas tanah permukaan lebih lanjut di bawah 25% w/w (dengan catatan kebutuhan atmosfer tidak berubah) akan menyebabkan turgiditas tanaman terus merosot sejalan dengan menyusutnya lengas tanah (Erwiyono & Wibawa, 1996) dan penutupan stomata tidak efektif menjaga kestabilan turgiditas tanaman.

Kecilnya fluktuasi turgiditas relatif daun sepanjang tahun kecuali bulan September, barangkali dapat dianggap sebagai kasus yang spesifik untuk lokasi penelitian setempat yang beriklim tropika dengan tipe hujan D, tinggi tempat 45 m dpl., dan terhampar di atas dataran aluvial dengan tekstur tanah relatif seragam sepanjang profil tanah, yaitu lempung liat berdebu. Kondisi lengas tanah tidak pernah benar-benar menjadi kering pada kedalaman tanah tertentu karena permukaan air tanah yang tidak terlalu dalam dengan jenis tanah Glei humik rendah (Hardjono *et al.*, 1970). Di samping itu, kondisi iklim mikro yang diciptakan oleh tanaman penabung selain mekanisme penutupan stomata barangkali turut andil dalam menjaga kestabilan turgiditas tanaman, sehingga fluktuasinya tidak ketat mengikuti fluktuasi curah hujan maupun lengas tanah permukaan, kecuali saat RH relatif rendah dan lengas tanah sangat rendah. Penelitian Nur & Zaenudin (1992) mendukung hal ini, bahwa penabung menekan penurunan turgiditas tanaman. Demikian pula pengamatan di India mendapati peran penabung sebagai pelindung tanaman terhadap cekaman kekeringan karena cekaman air tanah dan kondisi terbuka pertanaman kopi terhadap intensitas cahaya matahari, temperatur atmosfer dan kekeringan atmosfer yang tinggi di musim kemarau (Gopal & Ramaiah, 1971).

Fakta lain yang cukup menarik adalah fluktuasi turgiditas relatif tanaman pada tahun 1999 lebih besar dibandingkan fluktuasinya pada tahun 2000 & 2001 dan sering nilainya di bawah 83% meskipun pada periode musim hujan, padahal kondisi lengas tanah di ketiga tahun relatif sama. Diduga penyebabnya adalah kebutuhan atmosfer (laju transpirasi) pada tahun 1999 relatif lebih besar dari pada laju transpirasi pada tahun 2000 & 2001 (Gambar 7). Hal ini sesuai dengan kesimpulan Kumar & Tieszen (1980b) bahwa pada saat kebutuhan atmosfer tinggi, tanaman kopi tampak mengalami cekaman air meskipun tanah nyaris kapasitas lapang penuh. Sebagai pendekatan terhadap kebutuhan atmosfer dapat dilihat tendensi kelembaban relatif dan evaporasi sepanjang tahun. Evaporasi panci terbuka digunakan oleh Shaw & Laing (1966) untuk mendekati kebutuhan air atmosfer.

Kelembaban relatif tahun 1999 relatif lebih bergejolak dan lebih rendah pada sebagian besar bulan dibandingkan tahun 2000 & 2001. Pada bulan Februari dan Mei hingga September 1999, kelembaban relatif cukup rendah ( $< 85\%$ ) (Gambar 7) dan menyebabkan turgiditas tanaman turun di bawah 83% (Gambar 6), di samping sejalan dengan makin terbatasnya lengas tanah yang dapat diperoleh. Pada tahun 2000, kelembaban relatif cukup stabil tinggi ( $\geq 85\%$ ) sepanjang tahun dan hal ini menyebabkan turgiditas tanaman relatif stabil di atas 82%, yang disebabkan oleh kebutuhan atmosfer yang relatif rendah yang dapat diamati dari kelembaban relatif yang relatif tinggi meskipun lengas tanah permukaan terus turun hingga di bawah 25% w/w. Pada tahun 2001,

hanya pada bulan September terjadi penurunan kelembaban relatif sampai 84% yang menyebabkan turgiditas tanaman kopi turun sampai 77% (Gambar 6), karena kebutuhan atmosfer yang relatif tinggi. Dengan demikian, kadar lengas tanah saat tanaman kehilangan turgiditas dapat berubah-ubah tergantung pada kebutuhan atmosfer.

### Hubungan antara turgiditas tanaman dan kondisi lengas tanah

Uji korelasi sederhana antara turgiditas relatif daun kopi dan kadar lengas tanah pada jeluk berbeda disajikan pada Tabel 1. Hasilnya menunjukkan bahwa hubungan antara turgiditas relatif daun dan lengas tanah sampai kedalaman 50 cm relatif rendah, tetapi nyata secara statistik. Hal ini menegaskan dugaan di atas bahwa sumbangan lengas tanah permukaan relatif kecil dalam menentukan fluktuasi turgiditas tanaman. Tanah permukaan yang makin kering tidak banyak pengaruhnya pada turgiditas tanaman, karena tanaman dapat mengambil air tanah dari lapisan yang lebih dalam. Tabel 1 juga mengungkapkan bahwa pengaruh lengas tanah pada lapisan tanah lebih dalam

terhadap turgiditas tanaman makin besar, yang ditunjukkan oleh nilai korelasi yang makin besar dengan kedalaman tanah. Menurut Dagg (1971) dan Nunes (1976), ketersediaan air dan hara pada tanah 1,2 m permukaan adalah yang paling relevan untuk tanaman kopi karena aktivitas perakaran kopi terbanyak ada di lapisan ini.

Tendensi makin dalam tanah dari permukaan korelasi lengas tanah dengan turgiditas tanaman makin besar menunjukkan bahwa fluktuasi lengas tanah pada lapisan yang makin dalam makin besar pengaruhnya terhadap turgiditas tanaman. Gambar 5 menunjukkan tendensi umum lengas tanah setiap tahun, bahwa kadar lengas tanah meningkat secara nyata dengan makin dalamnya jeluk tanah. Diduga hal ini merupakan penyebab makin pentingnya pengaruh lengas tanah lapisan lebih dalam terhadap turgiditas tanaman yang ditunjukkan dengan makin besarnya nilai korelasi.

Di samping itu, ada tendensi bahwa makin dalam tanah variasi lengas tanah tahunan makin sempit (Gambar 5). Hal ini menunjukkan makin pentingnya pengaruh lengas tanah lapisan lebih dalam terhadap turgiditas tanaman dan dapat dipertimbang-

Tabel 1. Korelasi sederhana antara turgiditas relatif daun kopi dan kadar lengas tanah pada jeluk berbeda

Table 1. Simple correlation between relative turgidity of coffee leaves and soil water contents of different depths

Jeluk tanah (Soil depth), cm	Persamaan regresi (Regression equation)	r
10	$Y = 0.2059 X_1 + 80.307$	0.25**
30	$Y = 0.2789 X_2 + 77.319$	0.30**
50	$Y = 0.2883 X_3 + 76.111$	0.33**

Keterangan (Notes) : Jumlah contoh (number of samples) = 680, \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$   
 Y = turgiditas relatif (relative turgidity), X = lengas tanah (soil moisture)

kan sebagai salah satu pendekatan dalam budi daya tanaman agar terhindar dari masalah musiman cekaman kekeringan.

### **Tanggapan beberapa klon kopi Robusta terhadap cekaman air**

Hasil sidik ragam terhadap turgiditas relatif empat klon kopi Robusta dan kondisi lengas tanahnya sepanjang tahun 1999, 2000 dan 2001 disajikan pada Tabel 2 dan keragaman di antara blok perlakuan pupuk kandang disajikan pada Tabel 3. Tanggapan tanaman kopi terhadap perubahan tata air (hidrologi) musiman diamati dari turgiditas relatif tanaman. Tanaman dikatakan relatif tahan terhadap cekaman air apabila mampu mempertahankan turgiditasnya melawan kekurangan air dari lingkungannya, sehingga proses fisiologi tanaman relatif tidak terhambat dibandingkan tanaman dengan turgiditas relatif lebih rendah.

Rata-rata turgiditas relatif ke empat klon yang diuji selama tahun 1999, 2000 dan 2001 selalu menunjukkan tendensi yang konsisten, bahwa klon BP 436 selalu mempunyai rata-rata turgiditas relatif paling rendah di antara ke empat klon yang diuji. Meskipun rata-rata lengas tanah berubah-ubah untuk tahun yang berbeda, tetapi turgiditas relatif daun tetap menunjukkan urutan yang sama, yaitu BP 436 < BP 42 < BP 936 & BP 358 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa tidak peduli kondisi lengas tanah rendah atau tinggi tanggapan tanaman selalu konsisten bahwa BP 436 paling peka terhadap

cekaman kekeringan diikuti BP 42 yang relatif lebih tahan dan BP 936 dan BP 358 merupakan klon-klon paling tahan terhadap cekaman kekeringan. Penelitian sebelumnya oleh Nur & Zaenudin (1995) pada klon BP 358 dan BP 409 asal setek menunjukkan bahwa klon BP 409 lebih tahan terhadap cekaman kekeringan daripada klon BP 358. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa klon BP 409 paling tahan cekaman kekeringan di antara klon-klon tersebut, sedang ketahanan terhadap cekaman kekeringan klon BP 42 dapat dikatakan relatif sama dengan klon BP 358 (Tabel 2). Penelitian lain pada tanah latosol, tinggi tempat  $\pm$  500 m dpl. dan tipe hujan C serta batang bawah Ekselsa dinyatakan bahwa klon BP 42 lebih toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan klon BP 358 dan SA 237 (Nur & Zaenudin, 1999).

### **Pengaruh Aplikasi Pupuk Kandang**

Keragaman kadar lengas tanah dan turgiditas relatif tanaman kopi antarblok disajikan pada Tabel 3. Ada tendensi bahwa pemberian pupuk kandang sampai dengan 20 l/pohon/tahun sedikit meningkatkan lengas tanah permukaan, tetapi relatif tidak mempengaruhi turgiditas tanaman kopi. Diduga hal ini disebabkan pengaruh pupuk kandang dalam meningkatkan lengas tanah hanya terbatas pada area yang terbatas di lapisan permukaan di piringan tanaman, sedang zona perakaran kopi sudah cukup luas. Dengan pemberian pupuk organik yang teratur dengan dosis yang lebih besar

Tabel 2. Rata-rata kadar lengas tanah dan turgiditas relatif daun beberapa klon kopi Robusta sepanjang tahun 1999, 2000 dan 2001 di Kebun Percobaan Kaliwining

Table 2. Means of soil water contents and relatif turgidities of the leaves of selected Robusta coffee clones through the years of 1999, 2000 and 2001

Klon Clones	Lengas tanah (Soil moisture), %w/w			Turgiditas relatif (Relatif turgidity), %		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001
BP 436	36.79 a	35.33 b	35.60 a	79.43 b	88.57 b	89.42 b
BP 42	37.89 a	37.57 a	35.18 a	81.16 ab	89.47 ab	89.98 ab
BP 936	37.90 a	38.82 a	35.86 a	82.95 a	90.72 a	90.96 a
BP 358	37.57 a	37.46 a	35.52 a	82.75 a	90.62 a	91.03 a

Keterangan (Notes): Angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5% (Figures in the same column followed by the same letter are not significantly different according to HSD test at 5% level).

Tabel 3. Rata-rata kadar lengas tanah dan turgiditas relatif daun kopi robusta pada blok perlakuan pupuk kandang yang berbeda

Table 3. Means of soil water contents and relatif turgidities of the leaves of robusta coffee at different blocks of barn manure treatment

Blok Block	Lengas tanah (Soil moisture), % w/w			Turgiditas relatif (Relatif turgidity), %		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001
PK (BM)	39.19 a	38.79 a	36.81 a	83.06 ab	89.05 a	89.77 ab
K (C)	36.34 b	36.77 b	33.70 c	83.38 a	89.75 a	89.34 b
K (C)	37.49 b	36.82 b	35.07 b	81.11 b	89.66 a	90.75 ab
PK (BM)	37.40 b	36.24 b	35.86 ab	82.99 ab	90.46 a	90.90 a
PK (BM)	37.27 b	36.61 b	36.25 ab	82.52 ab	90.31 a	90.98 a

Keterangan (Notes): Angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5% (Figures in the same column followed by the sama letter are not significantly different according to HSD test at 5% level).

PK (BM) = pupuk kandang (barn manure), K (C) = tanpa pupuk kandang (without barn manure).

barangkali sumbangannya terhadap peningkatan lengas tanah akan lebih besar lagi.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut :

1. Kondisi meteorologi dan lengas tanah lokasi penelitian berpola musiman mengikuti sebaran hujan.

2. Dibandingkan dengan ciri meteorologi yang lain, kelembaban relatif udara paling menentukan penguapan air dan turgiditas tanaman.

3. Turgiditas tanaman tidak hanya dikendalikan oleh kebutuhan atmosfer tetapi juga kondisi lengas tanah. Saat kelembaban relatif (RH) tinggi, turgiditas tanaman relatif stabil meskipun lengas tanah permukaan sangat rendah dan sebaliknya, saat lengas tanah tinggi turgiditas tanaman

dikendalikan oleh kebutuhan atmosfer (kelembaban relatif).

4. Dengan periode bulan kering 3–4 bulan, turgiditas relatif tanaman kopi relatif stabil di atas 82%, kecuali saat lengas tanah 60 cm permukaan di bawah 25% w/w dan atau kebutuhan atmosfer relatif tinggi ( $RH < 85\%$ ).
5. Kondisi lengas tanah pada lapisan lebih dalam lebih menentukan turgiditas tanaman dan makin dalam lapisan tanah variasi musiman kadar lengas tanahnya makin sempit.
6. Klon-klon kopi asal setek memiliki kepekaan berbeda terhadap cekaman air, dengan urutan BP 436 < BP 42 < BP 936 & BP 358.
7. Aplikasi pupuk kandang dapat secara nyata meningkatkan kadar lengas tanah, tetapi pengaruhnya tidak nyata meningkatkan turgiditas tanaman.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Sugiyono, Sdr. Satuki dan Sdr. Wagiyanto yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

#### PUSTAKA

- Baon, J.B.; Pujiyanto & R. Erwiyono (2003). *Evaluasi dampak kekeringan 2002 terhadap produksi kopi dan kakao tahun 2003 di PT. Perkebunan Nusantara XII*. Laporan Teknis, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 22 hal.
- Dagg, M. (1971). Water requirements of coffee. *Kenya Coffee*, XXXVI, 149–150.
- Denmead, O.T. & R.H. Shaw (1962). Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.*, 45, 385–390.
- Erwiyono, R. & A. Wibawa (1996). Pengaruh pemupukan nitrogen terhadap status lengas tanah dan daun kopi pada periode bulan kering. *Pelita Perkebunan*, 12, 83–91.
- Gopal, N.H. & P.K. Ramaiah (1971). Studies on wilting and die-back of arabica coffee plants. *Indian Coffee*, 35, 249–252.
- Hardjono, A.; M. Katiman & S. Purwoko (1970). *Peta tanah detail kebun percobaan Kaliwining (Jember) skala 1:10.000*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor. Bogor.
- Kumar, D. (1979). Some aspects of plant-water nutrient relationships in coffee. *Kenya Coffee*, 44, 15–21.
- Kumar, D. & L.L. Tieszen (1980). Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. *Experimental Agriculture*, 16, 13–19.
- Kumar, D. & L.L. Tieszen (1980b). Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of water stress. *Experimental Agriculture*, 16, 21–27.
- Machlis, L. & J.G. Torrey (1956). *Plants in action. A laboratory manual of plant physiology*. W.H. Freeman & Co., Inc. San Francisco.
- Nunes, M.A. (1976). Water relations in coffee significance of plant water deficits to growth and yield: A review. *J. Coffee Res.*, 6, 4–21.

- Nur, A.M. & Zaenudin (1992). Adaptasi beberapa klon kopi Robusta terhadap tekanan kekeringan. *Pelita Perkebunan*, 8, 55–60.
- Nur, A.M. & Zaenudin (1995). Tanggapan tanaman kopi Robusta terhadap cekaman kekeringan pada berbagai perlakuan pengendalian gulma. *Pelita Perkebunan*, 11, 22–30.
- Nur, A.M. & Zaenudin (1999). Perkembangan buah dan pemulihan pertumbuhan kopi Robusta akibat cekaman kekeringan. *Pelita Perkebunan*, 15, 162–174.
- Shaw, R.H. & D.R. Laing (1966). Moisture stress and plant response. p. 73–94. *In: W.H. Pierre, D. Kirkham, J. Pesek, R. Shaw (Eds.). Plant environment and efficient water use. ASA & SSSA. 677 South Segoe Road, Madison. Wisconsin 537.*
- Squire, G.R. (1979). Weather, physiology and seasonality of tea (*Camellia sinensis*) yields in Malawi. *Experimental Agriculture*, 15, 321–330.
- \*\*\*\*\*